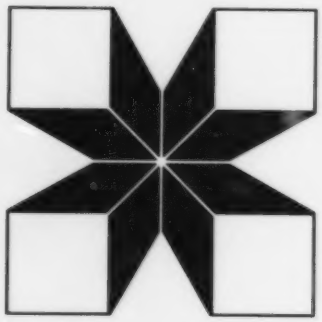
NO
PAPER
RIGHTS

REIMPRESSION
INTERDITE

IDRC
CRDI
CIID



CANADA

AQUACULTURE SYSTEMS RESEARCH IN AFRICA

PROCEEDINGS OF A WORKSHOP HELD IN BOUAKE, CÔTE D'IVOIRE, 14–17 NOVEMBER 1988

RECHERCHES SUR LES SYSTÈMES AQUACOLES EN AFRIQUE

COMPTE RENDU D'UN ATELIER TENU À BOUAKÉ, CÔTE D'IVOIRE, DU 14 AU 17 NOVEMBRE 1988

The International Development Research Centre is a public corporation created by the Parliament of Canada in 1970 to support technical and policy research designed to adapt science and technology to the needs of developing countries. The Centre's five program sectors are Environment and Natural Resources, Social Sciences, Health Sciences, Information Sciences and Systems, and Corporate Affairs and Initiatives. The Centre's funds are provided by the Parliament of Canada; IDRC's policies, however, are set by an international Board of Governors. The Centre's headquarters are in Ottawa, Canada. Regional offices are located in Africa, Asia, Latin America, and the Middle East.

Le Centre de recherches pour le développement international, société d'État créée en 1970 par une loi du Parlement du Canada, a pour mission d'appuyer l'exécution de recherches qui, dans le domaine technique et dans celui des politiques, ont pour but d'adapter les sciences et la technologie aux besoins des pays en développement. Ses cinq secteurs d'activités sont : l'environnement et les richesses naturelles, les sciences sociales, les sciences de la santé, les sciences et systèmes d'information, et les initiatives et affaires institutionnelles. Le CRDI est financé par le Parlement du Canada, mais c'est un conseil des gouverneurs international qui en détermine l'orientation et les politiques. Établi à Ottawa, au Canada, il a des bureaux régionaux en Afrique, en Asie, en Amérique latine et au Moyen-Orient.

El Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo es una corporación pública creada en 1970 por el Parlamento de Canadá en apoyo de la investigación técnica y de política concebidas a adaptar la ciencia y la tecnología a las necesidades de los países en desarrollo. Los cinco programas sectoriales del Centro son Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ciencias Sociales, Ciencias de la Salud, Ciencias y Sistemas de la Información, y Asuntos Corporativos e Iniciativas. Los fondos del Centro provienen del Parlamento de Canadá; sin embargo, las políticas del CIID son trazadas por un Consejo de Gobernadores de carácter internacional. La sede del Centro está en Ottawa, Canadá, y sus oficinas regionales en América Latina, Africa, Asia y el Medio Oriente.

This series includes meeting documents, internal reports, and preliminary technical documents that may later form the basis of a formal publication. A Manuscript Report is given a small distribution to a highly specialized audience.

La présente série est réservée aux documents issus de colloques, aux rapports internes et aux documents techniques susceptibles d'être publiés plus tard dans une série de publications plus soignées. D'un tirage restreint, le rapport manuscrit est destiné à un public très spécialisé.

Esta serie incluye ponencias de reuniones, informes internos y documentos técnicos que pueden posteriormente conformar la base de una publicación formal. El informe recibe distribución limitada entre una audiencia altamente especializada.

92-05456/

IDRC-MR308e,f
March/Mars 1992

Aquaculture systems research in Africa

Proceedings of a workshop held in Bouake, Côte d'Ivoire, 14–17 November 1988

Recherches sur les systèmes aquacoles en Afrique

Compte rendu d'un atelier tenu à Bouaké, Côte d'Ivoire, du 14 au 17 novembre 1988

Editors/Rédacteurs

Garry M. Bernacsek
Howard Powles

INTERNATIONAL DEVELOPMENT RESEARCH CENTRE
Ottawa • Cairo • Dakar • Montevideo • Nairobi • New Delhi • Singapore

CENTRE DE RECHERCHES POUR LE DÉVELOPPEMENT INTERNATIONAL
Ottawa • Dakar • Le Caire • Montevideo • Nairobi • New Delhi • Singapour

Material contained in this report is reproduced in the original language of presentation, English or French. It is produced as submitted and has not been subjected to peer review or editing by IDRC Publications Unit staff. Unless otherwise stated, copyright for material in this report is held by the authors. Mention of proprietary names does not constitute endorsement of the product and is given only for information.

Les textes de ce rapport sont reproduits dans la langue originale de présentation, le français ou l'anglais. Ils sont reproduits tel qu'ils ont été soumis, sans examen par des pairs ni révision par le personnel de la Section des publications du CRDI. À moins d'indication contraire, les droits d'auteur de ce rapport appartiennent aux auteurs. La mention d'une marque déposée ne constitue pas une sanction du produit; elle ne sert qu'à informer le lecteur.

ISBN 0-88936-624-1

TABLE OF CONTENTS/TABLE DES MATIÈRES

Foreword/Avant-propos vii

INTRODUCTION 1

Summary of workshop proceedings/Sommaire du compte rendu de l'atelier **M. Vincke** 3

La Station de recherches piscicoles de Bouaké-Kokondekro **A. Yte Wongbe** 11

Potentialités piscicoles des écosystèmes fluvio-lacustres de la Côte d'Ivoire **Kassoum Traore** 38

SOCIOECONOMIC STUDIES/ÉTUDES SOCIO-ÉCONOMIQUES 47

Aspects économiques de la production piscicole en étang : l'expérience de la pisciculture rurale au centre ouest et au centre de la Côte d'Ivoire **C. Koffi** 49

Large-scale reconnaissance survey of socioeconomic conditions of fish farmers and aquaculture practices in the West and North West provinces of Cameroon **B.P. Satia, P.N. Satia** and **A. Amin** 64

Aquaculture for local community development program (Zambia) **Henk Van Der Mheen** 91

CULTURE SYSTEMS BASED ON ARTIFICIAL HABITATS/SYSTÈMES PISCICOLES AVEC HABITATS ARTIFICIELS 99

Acadja-enclos : de la pêche de cueillette à la pêche de culture **Saurin Hem** 101

Étude préliminaire de la microflore benthique et de la faune inféodée aux acadja-enclos, Lagune Ébrié (Côte d'Ivoire) **Annabelle Amoin Konan** 114

Culture of the West African mangrove oyster (Crassostrea tulipa) in The Gambia **Momodou A. Cham** 135

Effect of successive harvesting on the production of Tilapia nilotica and tilapia hybrid reared in cages for 185 days **Amir Ph. Babashy** 147

Considérations zootechniques et économiques sur l'élevage de Tilapia nilotica en cages à Touro (Katiola), République de Côte d'Ivoire **Guido Gorissen** 156

CATFISH CULTURE/PISCICULTURE DU POISSON-CHAT 171

Premier bilan des essais de production en masse de Clarias à l'écloserie de Loka, Bouaké **Jacqueline Vagba Nugent** 173

Observations préliminaires sur la reproduction naturelle semi-contrôlée du poisson-chat africain, Clarias gariepinus **D. Nguenga** 190

Effect of season on controlled propagation of the African catfish, Clarias gariepinus (Burchell 1822) **O.A. Ayinla** and **F.O. Nwadukwe** 198

Bilan des premiers essais d'élevage d'un silure africain, Heterobranchus longifilis (Clariidae), en milieu lagunaire (Lagune Ébrié, Côte d'Ivoire) **Marc Legendre** 211

TILAPIA CULTURE/PISCICULTURE DU TILAPIA 233

Contribution à une réflexion sur des stratégies de recherche et développement en aquaculture du tilapia en Afrique subsaharienne **J. Lazard** 235

Étude des processus morphologiques et endocrinologiques de la différenciation naturelle du sexe chez Oreochromis niloticus, appliquée à la production de populations monosexes : intérêts et perspectives **J.F. Baroiller** 256

Split-plot ANOVA interactions between fertilizer application, ecological conditions, and plankton dynamics and fish yield in tropical fish ponds **C. Yetunde Jeje** ... 267

Comparaison de la tolérance au milieu lagunaire saumâtre de différentes espèces et hybrides d'Oreochromis pour leur utilisation en aquaculture (Lagune Ébrié, Côte d'Ivoire) **T. Doudet** 294

Polyculture of Oreochromis shiranus chilwae and Cyprinus carpio in experimental ponds **O.V. Msiska** 316

Effect of supplemental feed on the growth of Oreochromis niloticus in ponds in Liberia **Naomi I. Cassell, John M. Dukuly, J.M. Jallah, John M. Kaykay** and **George Yientee** 323

Production of male tilapias by handsexing and induced androgen sex reversal in net cages **Mark Owusu-Frimpong** .. 328

Pratique de l'élevage monosexe de Tilapia nilotica en milieu rural en Côte d'Ivoire **P.F. Galbreath** et **A.D. Ziehi** 337

Recherches sur le tilapia lagunaire Sarotherodon melanotheron : bilan des essais d'optimisation de la croissance en élevage intensif **A. Cissé** 357

Une expérience de coopérative piscicole en République centrafricaine **Michel Bérubé** 370

Le volet piscicole du projet périurbain de la Commune de Daloa **M. Oswald** et **Y. Copin** 382

Mise en oeuvre d'une pisciculture en étangs non vidangeables sur nappe phréatique au Bénin **Barnabé Kpogbezan** et **Jean-Pierre Hirigoyen** 398

Participants 423

FOREWORD

This workshop had two general objectives: to summarize recent applied research activities on aquaculture in Africa, and to promote communication and cooperation between researchers involved in this field. The workshop followed an earlier workshop on "Research Priorities for African Aquaculture" held in Dakar in October 1986 (the proceedings of which were published in IDRC-MR149e,f).

General activities and conclusions of the workshop are summarized in the paper by Vincke.

The workshop was organized by personnel from IDESSA (Institut pour le développement de la savane) - Pisciculture, and the Projet de développement de la pisciculture en milieu rural (ministère des Eaux et Forêts/Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)/United Nations Development Programme (UNDP)), both of Bouake, Côte d'Ivoire. Financial support for the workshop was provided by IDESSA, le ministère des Eaux et Forêts of Côte d'Ivoire, the International Development Research Centre (IDRC), the Aquaculture Development and Coordination Program of UNDP/FAO, and through UNDP/FAO support to the Projet de développement de la pisciculture.

A large number of individuals helped with workshop organization: we sincerely thank them on behalf of the workshop participants (all of whom judged the meeting as being a resounding success). In particular, the contributions of the following are acknowledged: Alexis Yté Wongbe, Antoinette Ziéhi, Pierre Morissens, Chris Nugent, and Michel Vincke.

Editing and production of this report were supported by IDRC. The editors thank all of the workshop participants for their efforts in presenting, writing up, and finalizing their papers; Constance Martin and Sharon Parnham for assistance with word processing; and Robert Drysdale and Pierrette Legros for technical editing. The support of F. Brian Davy, Associate Director of IDRC's Fisheries Program, was essential to producing this document and is gratefully acknowledged.

Garry M. Bernacsek *Howard Powles*

AVANT-PROPOS

Les deux principaux objectifs de cet atelier étaient de résumer les récentes activités de recherche appliquée en aquaculture en Afrique et de faciliter la communication et la coopération entre chercheurs impliqués dans ce domaine. Cet atelier fait suite à l'«Atelier sur les priorités pour la recherche aquacole en Afrique», tenu à Dakar en octobre 1986 (le compte rendu est publié dans le rapport IDRC-MR149e,f).

La communication de M. Vincke en résume les principales activités et conclusions.

L'atelier a été organisé par le personnel de l'IDESSA (Institut pour le développement de la savane) - Pisciculture, et le personnel du Projet de développement de la pisciculture en milieu rural (ministère des Eaux et Forêts/Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)/Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), situés à Bouaké, Côte d'Ivoire. Les organismes suivants ont contribué au financement de l'atelier : l'IDESSA, le ministère des Eaux et Forêts de la Côte d'Ivoire, le Centre de recherches pour le développement international (CRDI), le Programme de développement et coordination de l'aquaculture du PNUD/FAO, le PNUD et la FAO par leur soutien au Projet de développement de la pisciculture.

Plusieurs personnes ont contribué à l'organisation de cet atelier : nous les remercions toutes de la part des participants (qui ont jugé l'atelier un grand succès). En particulier, nous remercions Alexis Yté Wongbe, Antoinette Ziéhi, Pierre Morissens, Chris Nugent et Michel Vincke.

La compilation, la production et la distribution de ce rapport ont été financées par le CRDI. Les rédacteurs remercient tous les participants pour leurs efforts dans la présentation et la rédaction de leur communication; Constance Martin et Sharon Parnham pour leur aide dans le traitement de textes; et Robert Drysdale et Pierrette Legros pour leur aide dans la rédaction technique. L'appui de F. Brian Davy, Directeur associé pour le Programme des pêches du CRDI, a été essentiel à la production de ce rapport, et nous le remercions vivement.

Garry Bernacsek *Howard Powles*

INTRODUCTION

SUMMARY OF WORKSHOP PROCEEDINGS/ SOMMAIRE DU COMPTE RENDU DE L'ATELIER

M. Vincke
Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy/Aquaculture Development and Coordination Program (ADCP)

The workshop dealt with

- aquacultural research in various countries
- techniques and systems involved in rearing, biology, and physiology
- development operations
- fish breeding research networks
- research projects

General issues related to aquacultural research in various countries

The six papers presented dealt with Côte d'Ivoire (two papers), Sierra Leone, Ghana, and two presentations covered several countries.

L'Institut pour le développement de la savane (IDESSA) (Côte d'Ivoire) presented an overview of work carried out over the past 5 years at the Kokondekro-Bouaké Station. This work dealt with tilapia and its rearing; rearing techniques and systems; research on Claridae, Bagridae, and various other species; rearing environments and their setup; and development operations. This work was strongly oriented toward the development of fish breeding in Africa.

The emphasis was on future prospects, particularly with respect to research that is complementary to development operations now under way, intensive cage and pen culture, and the development of artificial pondage.

The aquaculture situation in Sierra Leone was described: Tilapia nilotica, Clarias gariepinus, Notopterus afer, and other species are being reared in lagoons or polyculturally. Emphasis was placed on the constraints associated with aquaculture development and the urgent need for demonstrations of the economic viability of fish breeding.

The Ghanaian paper dealt with handsexing and sex reversal in cages of Tilapia nilotica, T. galilae, and T. zillii. The two techniques are compared and may be applied, as appropriate, successfully.

Aquaculture for Community Development (ALCOM) work is carried out in Zambia, but involves countries in southern Africa (South African Development Coordination Conference [SADCC]). This is a pilot project, funded by Sweden and implemented by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), designed to develop fish breeding in rural areas by improving dissemination methods that will subsequently be implemented in rural communities. Preliminary results of field surveys have yielded basic data that have guided the application of more effective dissemination methods.

The paper dealing with aquaculture research and development strategies with respect to Tilapia in sub-Sahelian Africa stressed the weaknesses of aquacultural production and gave a few examples of development and suggestions for research themes: the genetics, physiology, and etiology of reproduction, nutrition, and pathology.

Cultural, biological, and physiological techniques and systems, and development operations

Nineteen papers were presented, 13 dealing with continental waters and six with the lagoon environment.

With regard to fresh water, the topics presented dealt with Tilapia nilotica:

- Supplementary feeding in ponds in Liberia, using various by-products of the agricultural and food industry, has produced interesting results, but because of numerous constraints, it is difficult to conduct research.

- The effects of successive cage harvesting in Egypt demonstrate increased yield compared with a single final harvest and increased growth of hybrid Tilapia (T. aurea male x T. nilotica female) compared with T. nilotica.

- The results and prospects of the study correlating the appearance of morphological criteria and gonadic differentiation and its steroidogenic potential in Tilapia nilotica are noteworthy and deserve careful attention. It is important that the performance of the new YY genotype be tested now in three sizes among fish breeders.

- The zootechnical and economic aspects of commercial T. nilotica cage culture in Côte d'Ivoire indicate that it is sometimes very difficult to move from the research phase to the commercial phase.

- The practice of monosex fish rearing in rural Côte d'Ivoire has become an interesting reality.

Other papers dealt with Clarias gariepinus:

- natural reproduction trials in ponds in Cameroon and the problems inherent in such trials
- the very encouraging results of mass Clarias fry production in the Loka pens
- trials involving pond fertilization
- the relationships between fertilizer application, ecological conditions, plankton composition and abundance, and fish yield in treated ponds in Nigeria

Some papers discussed the use of other species:

- polyculture of T. shirawa and the common carp in Malawi, with artificial feed
- rearing in nondrainable ponds over groundwater in Benin, using various Tilapia and their hybrids .

Work and research dealing with the extension of fish breeding and related socioeconomic aspects were also discussed:

- the cooperative experiment involving fish breeders in the Central Africa Republic
- the fish breeding component of the Daloa Commune peri-urban project
- the economic aspects of fish breeding production in rural ponds in West Central and Central Côte d'Ivoire.

All of these experiments and research projects add to our knowledge and contribute to the increased effectiveness of extension activities.

With regard to lagoons, the topics presented dealt with Tilapia and their hybrids:

- Work on T. melanotheron in pens indicates that this is not a very promising species; hence, orientation toward the extensive acadja pen method is suggested.
- Comparison of various Tilapia species and hybrids' tolerance in brackish lagoons for aquacultural purposes demonstrates that T. aurea is currently the best choice for fish breeding in brackish water.

Rearing trials involving Heterobranchus longifilos in lagoons facilitated observation of the species' entire cycle in captivity and assessment of its aquacultural performance in lagoons. This study should be followed up.

The acadja pens with their bamboo supports, to which benthic microflora and dependent fauna, which are eaten by T. melanotheron, attach themselves, are very interesting.

- Work on the microflora and microfauna of these acadja pens goes hand in hand with culture trials.

- Rearing trials involving the mangrove oyster in The Gambia complete research already conducted in Sierra Leone, Nigeria, and Senegal. The economic data have not yet been finalized.

Fish Breeding Research Networks

The various networks in place or being planned were outlined.

It was unanimously agreed that a research network mechanism is needed for better information on and coordination of aquacultural research.

After discussion, it was proposed, first, that attention be paid to how the networks are functioning, and, second, that consideration be given to coordinating action involving existing networks. A small group of seven volunteer researchers was formed to study ways of setting up this network and to establish the role it should play.

Research Projects

Various research projects were outlined and discussed by researchers from Liberia, Cameroon, and Ghana. Project proposals will be submitted to the International Development Research Centre (IDRC) for approval and funding.

Les travaux de l'atelier ont été groupés en cinq séries d'activités :

- Généralités sur la recherche aquacole dans différents pays;

- Techniques et systèmes d'élevage, biologie et physiologie;

- Opérations de développement;

° Discussion des réseaux de recherches piscicoles;

° Présentation des projets de recherches soumis pour financement.

Généralités sur la recherche aquacole dans différents pays

Six communications présentées concernaient la Côte d'Ivoire (deux), la Sierra Leone, le Ghana, et deux autres englobaient plusieurs pays.

L'IDESSA (Côte d'Ivoire) nous a présenté une vue d'ensemble des travaux réalisés au cours des cinq dernières années à la Station de Bouaké-Kokondekro. Ces travaux ont porté sur le tilapia et son élevage, les techniques et systèmes d'élevage, les recherches sur les Claridae, sur les Bagridae et sur diverses autres espèces, sur les milieux d'élevage et leur aménagement et, finalement, sur les opérations de développement. Ces travaux ont fortement orienté le développement de la pisciculture en Afrique.

Les perspectives d'avenir ont été soulignées, notamment en ce qui concerne les recherches d'accompagnement aux opérations de développement en cours, la pisciculture intensive en cages et en enclos, et l'exploitation des retenues artificielles.

La situation de l'aquaculture en Sierra Leone a été décrite et concerne l'élevage de Tilapia nilotica, Clarias gariepinus et Notopterus afer en lagune ou polyculture, et l'élevage d'autres espèces. Les contraintes au développement de l'aquaculture ont été soulignées ainsi que le besoin urgent de démonstrations de la viabilité économique de la pisciculture.

La communication du Ghana concernait le sexage manuel et l'inversion des sexes en cages de Tilapia nilotica, T. galilae et T. zillii. Les deux techniques sont comparées et peuvent être appliquées, selon les cas, avec succès.

Les travaux de l'Aquaculture for Community Development Project (ALCOM) se poursuivant en Zambie concernent les pays de l'Afrique du Sud (SADCC). Il s'agit d'un projet pilote financé par la Suède et exécuté par la FAO, et qui vise le développement de la pisciculture en milieu rural par la mise au point de méthodes de vulgarisation, qui seront par la suite mises en oeuvre dans les communautés rurales. Les résultats préliminaires des enquêtes sur le terrain ont permis de dégager certaines données fondamentales qui ont orienté l'application de méthodes de vulgarisation plus efficaces.

La communication concernant une réflexion sur les stratégies de recherche et développement en aquaculture du tilapia en Afrique subsaharienne a souligné les faiblesses de la production aquacole et donné quelques exemples de développement et des suggestions au

sujet des thèmes de recherche : génétique, physiologie et éthiologie de la reproduction, nutrition et pathologie.

Techniques et systèmes d'élevage, biologie et physiologie, et opérations de développement

Dix-neuf communications ont été présentées, dont treize concernant les eaux continentales et six ayant trait au milieu lagunaire.

Pour ce qui est des eaux douces, les sujets présentés concernent le Tilapia nilotica :

° L'alimentation supplémentaire en étangs au Libéria utilisant différents sous-produits agro-industriels a donné des résultats intéressants mais de nombreuses contraintes rendent la recherche très difficile.

° Les effets de récoltes successives en cages en Égypte démontrent une augmentation des rendements par rapport à une seule récolte finale et une supériorité du tilapia hybride (T. aurea mâle x T. nilotica femelle) par rapport au T. nilotica en matière de croissance.

° Les résultats, l'intérêt et les perspectives de l'étude corrélée de l'apparition des critères morphologiques et de la différenciation de la gonade et de ses potentialités stéroïdogènes chez Tilapia nilotica ouvrent de nouvelles perspectives et méritent toute notre attention. Il importe de tester maintenant les performances du génotype nouveau YY en trois grandeurs chez les pisciculteurs.

° Les considérations zootechniques et économiques sur l'élevage en cages de T. nilotica au stade commercial en Côte d'Ivoire indiquent qu'il est parfois bien difficile de passer du stade de la recherche au stade commercial.

° La pratique de l'élevage monosexe de T. nilotica en milieu rural en Côte d'Ivoire est devenue une réalité intéressante.

D'autres communications traitent de Clarias gariepinus :

° Les essais de reproduction naturelle en étangs au Cameroun et les problèmes inhérents à de tels essais.

° Les résultats très encourageants de la production en masse d'alevins de Clarias à l'écloserie de la Loka.

° Les essais concernant la fertilisation des étangs.

° Les relations entre l'application d'engrais, les conditions écologiques, la composition et l'abondance du plancton et les

rendements des poissons en étangs effectués au Nigéria démontrent l'intérêt de tels travaux.

L'utilisation d'autres espèces :

- Polyculture de T. shirawa et de la carpe commune au Malawi, avec alimentation artificielle.

- Les élevages en étangs non vidangeables sur nappe phréatique au Bénin, utilisant différents tilapias et leurs hybrides.

Les travaux et recherches traitant de la vulgarisation piscicole et des aspects socio-économiques :

- L'expérience de coopérative de pisciculteurs en République centrafricaine.

- Le volet piscicole du projet périurbain de la Commune de Daloa.

- L'enquête sur les conditions socio-économiques des pisciculteurs et les pratiques piscicoles dans deux provinces du Cameroun.

- Les aspects économiques de la production piscicole en étangs en milieu rural au centre-ouest et au centre de la Côte d'Ivoire.

Toutes ces expériences et recherches s'ajoutent à nos connaissances et contribuent à une plus grande efficacité des activités de vulgarisation.

Pour ce qui est du milieu lagunaire, les sujets traités concernent les tilapias et leurs hybrides :

- Les travaux sur T. melanotheron en enclos révèlent une espèce peu prometteuse et une orientation vers la méthode extensive d'acadja-enclos.

- La comparaison de la tolérance au milieu lagunaire saumâtre de différentes espèces et hybrides de tilapia pour leur utilisation en aquaculture démontrent que T. aurea constitue actuellement le meilleur choix pour l'élevage en eau saumâtre.

Les essais d'élevage d'Heterobranchus longifilos en milieu lagunaire ont permis d'obtenir le cycle complet de l'espèce en captivité et d'évaluer ses performances aquacoles en milieu lagunaire. C'est une étude à suivre.

Les acadjas-enclos, avec supports en bambous, sur lesquels se fixent la microflore benthique et la faune inféodée, broutée par T. melanotheron, présentent un grand intérêt.

- Les travaux sur la microflore et la microfaune de ces acadjas-enclos vont de pair avec les essais d'élevage.

- Les essais d'élevage de l'huître de mangrove en Gambie complètent les recherches déjà menées en Sierra Leone, au Nigéria et au Sénégal. Il reste à préciser les données économiques.

Réseaux de recherches piscicoles

Les différents réseaux en place ou en projet ont été présentés.

La nécessité d'un mécanisme de réseaux de recherches a été admis à l'unanimité, pour une meilleure information et une coordination des recherches dans le domaine de l'aquaculture.

Après discussion, il a été proposé, dans un premier temps, d'étudier le fonctionnement des réseaux et, dans un deuxième temps, d'envisager la coordination d'une activité des réseaux existants. Un groupe restreint de sept chercheurs volontaires a été constitué pour étudier le rôle et les modalités de ces réseaux.

Présentation des projets de recherches

Divers projets de recherches ont été présentés et discutés par des chercheurs du Libéria, du Nigéria, du Cameroun et du Ghana. Ces projets seront soumis au CRDI pour approbation et financement.

LA STATION DE RECHERCHES PISCICOLES DE BOUAKÉ-KOKONDEKRO

A. Yte Wongbe
Institut des savanes (IDESSA), Département piscicole,
Ministère de la recherche scientifique, 01 BP 621 Bouaké 01,
République de Côte d'Ivoire

Résumé *Ce document, réalisé conjointement par l'ensemble des chercheurs et des techniciens du Département piscicole de l'IDESSA, présente la Station de recherches piscicoles de Bouaké-Kokondekro à travers un bref exposé de ses activités au cours des 25 années écoulées. Il définit brièvement, par ailleurs, les perspectives d'avenir offertes aujourd'hui à la recherche aquacole dans les eaux continentales de Côte d'Ivoire.*

Abstract *This document, prepared jointly by researchers and technicians in the Aquaculture Department of IDESSA, introduces the Aquacultural Research Station at Bouaké-Kokondekro by means of a brief outline of its activities over the past 25 years. It also briefly describes future prospects for aquacultural research in Côte d'Ivoire continental waters.*

Présentation de la Station

Historique

Construite en 1956 et 1957 par le Service des eaux et forêts, la Station piscicole de Bouaké a assuré, depuis 1958, les recherches en pisciculture continentale en Côte d'Ivoire dans les différents cadres administratifs suivants :

- la section de Recherches piscicoles du Service des eaux et forêts jusqu'en 1960;
- le Centre technique forestier tropical de 1960 à 1983;
- l'Institut des Savanes (IDESSA) à partir de 1984.

Au cours de son existence, la Station a poursuivi des recherches dans les domaines suivants : les recherches appliquées en pêche et pisciculture, la formation, et la prévulgarisation et l'appui aux opérations de développement piscicole.

Infrastructures (Fig. 1)

Alimentée en eau par dérivation d'une petite rivière appelée le Kan, la Station piscicole de Bouaké compte, en 1988, les infrastructures piscicoles suivantes :

- 73 étangs pour une surface totale en eau de 25 575 m^2;
- 27 grands bacs d'élevage de 15 m^3;
- 23 petits bacs d'élevage;
- 15 bacs de tri ou de stabulation;
- une salle d'aquariums.

La Station compte, par ailleurs, un complexe regroupant des bureaux et des laboratoires, un garage, des magasins et des logements pour son personnel. Enfin, la Station a géré, de 1967 à 1982, une école de pêche et pisciculture et son internat, dont les installations se trouvent toujours sur la concession de l'Institut des Savanes (Centre de formation piscicole).

Financement

Le financement de la Station provient de trois sources distinctes :

- l'État ivoirien assure les salaires de la plus grande partie du personnel national de même qu'une proportion importante des budgets d'investissement et de fonctionnement;

Fig. 1. Vue aérienne de la Station piscicole de l'IDESSA, Bouaké, Côte d'Ivoire.

° le Centre technique forestier tropical, Département du CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement), assure la prise en charge du personnel expatrié;

° des conventions passées avec différents organismes permettent le financement d'opérations de recherche bien définies et dont le déroulement est limité dans le temps.

Personnel

Le personnel de la Station comprend 48 personnes : 4 chercheurs, 5 assistants de recherche, 5 laborantins, 2 administrateurs et 32 manoeuvres, ouvriers et chauffeurs.

Programmes et actions de recherche en 1988

Les activités du Département se répartissent en trois programmes de recherche : l'étude de la biologie et de l'amélioration des poissons d'élevage; l'étude des techniques et des systèmes d'élevage; et l'étude des milieux d'élevage et de leur aménagement.

Étude de la biologie et de l'amélioration des poissons d'élevage

° Caractérisation de différentes souches et hybrides d'Oreochromis.

° Étude du déterminisme du sexe chez Oreochromis sp.

° Étude de la biologie appliquée à l'élevage de Lates niloticus, Eutropius mentalis, Parophiocephalus obscurus, Labeo coubie, Distichodus rostratus.

Étude des techniques et des systèmes d'élevage

° Reproduction induite de Lates niloticus.

° Production en étangs de Oreochromis niloticus et Clarias gariepinus sous différentes conditions d'élevage (différentes formes de nourrissage, association avec porcs et poulets).

Étude des milieux d'élevage et de leur aménagement

° Étude limnologique d'étangs d'élevage en station et en milieu rural (nourrissage et élevages associés).

° Évaluation de la productivité naturelle en étangs.

1966-1985 : 20 ans d'activités de la Station de recherches piscicoles de Bouaké

Au cours de cette période, et si on fait exception des travaux relatifs à l'aménagement des barrages (pisciculture exten-

sive), la recherche aquacole à Bouaké a fonctionné sans qu'il y ait de développement réel des productions dans le pays. En effet, il faudra attendre le milieu des années 80 pour que des projets, tels que le Projet pilote de développement de l'aquaculture lagunaire, le Projet de développement de la pisciculture en milieu rural ou la SODEPRA-Nord, induisent une production significative de poissons par des pisciculteurs privés.

Cette longue période qui précède le développement est caractérisée dans les activités de la Station par une triple orientation :

- les travaux de recherche piscicole;
- la mise en place et la conduite d'un travail de formation considérable dans le cadre du Centre de formation piscicole de Bouaké-Kokondekro;
- la mise en place de projets pilotes ou d'appui à des projets de développement.

Recherches sur le tilapia et son élevage

Les différentes souches présentes sur la Station

En 1966, les souches en expérimentation étaient O. macrochir (Zaïre [pays d'origine]), O. niloticus (Burkina Faso), et O. mossambicus (Mozambique). En 1967, O. hornorum a été introduit en Malaisie, et en 1968, deux nouvelles souches de O. niloticus ont été importées du Burkina Faso et du Nil. O. aureus et une nouvelle souche de O. mossambicus ont été introduits en 1981 d'Israël et du Mozambique, respectivement.

Caractérisation des souches

Dès la création de la Station, de nombreux travaux ont été consacrés à la caractérisation des souches de tilapia par comparaison entre leurs croissances, leurs fécondités, leurs comportements face à l'hybridation, etc.

L'évaluation comparée des croissances des différentes espèces d'Oreochromis ont rapidement conduit à l'utilisation d'O. niloticus comme principale variété d'élevage, les autres espèces étant utilisées dans le cadre des recherches sur les hybrides.

Des essais comparatifs, menés de 1968 à 1970 entre les trois souches d'O. niloticus présentes sur la Station (souche d'origine, Burkina Faso et Ouganda), n'ont permis de mettre en évidence aucune différence déterminante sur les plans de la croissance et de la fécondité dans le cadre de croisements intra et interspécifiques.

Sélection massale

Des essais de sélection massale ont été conduits à Bouaké dès 1960 sur O. niloticus comme O. macrochir. Aucune amélioration déterminante de la croissance n'a été mise en évidence et, en 1966,

le programme a été abandonné.

Hybridation

Les premières hybridations interspécifiques ont été réalisées à Bouaké en 1961 entre O. niloticus et O. macrochir avec des productions d'hybrides à 100 % mâles. Ces essais d'hybridation se sont poursuivis jusqu'en 1972 avec un nombre progressivement élargi d'espèces (1965, O. mossambicus; 1967, O. hornorum). Plusieurs observations ont été effectuées concernant les croissances et sex-ratio comparées des différents hybrides, back-cross et souches parentales. Un hybride rouge semi-stérile a été obtenu en 1967.

Ces différents travaux ont fait l'objet de plusieurs publications (voir Annexe : publications).

Des essais d'hybridation ont été repris à Bouaké en 1984 entre O. niloticus, O. mossambicus, O. aureus et O. hornorum, visant à déterminer une ou plusieurs variétés d'Oreochromis résistant aux conditions d'élevage en milieu lagunaire saumâtre.

Études sur le déterminisme du sexe chez Oreochromis sp.

Les travaux sur la production d'hybrides monosexes mâles ont conduit à une étude sur le déterminisme du sexe chez O. niloticus et O. macrochir, menée de 1965 à 1971.

Un déterminisme simple et opposé a été mis en évidence par hybridation entre O. niloticus (femelle XX) et O. macrochir (mâle ZZ). De plus, l'homogamétie femelle chez O. niloticus a été confirmée par reproduction intraspécifique après masculinisation par des stéroïdes. L'étude souligne, par ailleurs, que l'hétérozomie n'entre pas seule en jeu dans le déterminisme du sexe qui peut répondre à des lois plus complexes et toujours mal définies.

Des essais sur le déterminisme du sexe chez O. niloticus ont été repris en 1985.

Techniques et systèmes d'élevage du tilapia

Reproduction, alevinage, production de fingerlings Jusqu'à la mise en place des premiers élevages intensifs en cages ou en enclos en 1976-1977, les besoins en alevins de tilapias n'ont jamais constitué une contrainte pour l'éleveur qui, au contraire, voyait bien souvent ses bassins de production envahis par le frai contre son gré. Le développement des élevages intensifs a bouleversé cette situation dans la mesure où, d'une part, leurs besoins en alevins sont importants (densités élevées) et où, d'autre part, ils sont totalement dépendants de structures d'alevinage situées à terre.

Jusqu'en 1978, les techniques de reproduction, d'alevinage et de production de fingerlings, mises au point par la Station de Bouaké et proposées aux organismes de développement, pouvaient être définies comme suit :

° Ponte et production d'alevins

- mise en charge des géniteurs en étangs de ponte à une densité de 15 femelles et 5 males pour 100 m^2 d'étang;

- exploitation des alevins par vidange après 5 mois d'élevage;

- production : 5 000 alevins utilisables (Pi > 4 g) en 5 mois pour 100 m^2, soit 16 alevins/femelle par semaine;

- nourrissage : farine basse de riz.

° Production de fingerlings

Les alevins, après exploitation dans l'étang de ponte, sont mis en grossissement complémentaire pour une durée de 35 à 60 jours, jusqu'à ce qu'ils atteignent un poids individuel de 25-30 g permettant le sexage. Cette phase de l'élevage est conduite à une densité de 10 poissons/m^2 et donne des rendements de l'ordre de 12 t/ha par an.

À partir de 1978, les chercheurs de la Station de Bouaké se sont efforcés d'intensifier les systèmes de reproduction, d'alevinage et de production de fingerlings, de façon à proposer des techniques qui répondent aux besoins des éleveurs en cages et en enclos.

° Ponte et production d'alevins

L'exploitation bimensuelle des étangs de ponte à l'aide de filets sennes à petites mailles a permis de porter le nombre d'alevins produits à une moyenne de 30-40 alevins de 4-5 g/femelle par semaine, soit le double de la production par rapport à ce qui était obtenu antérieurement.

° Production de fingerlings de 30 g en étangs

Les densités de mise en charge ont été doublées (20 alevins/m^2 contre 10/m^2 précédemment). La farine basse de riz a été remplacée par un aliment composé de farine basse de riz, de farine de poisson et de tourteau de coton. Les rendements ont ainsi été portés de 12 à 30 t/ha par an.

° Production de fingerlings en cages (essais réalisés dans des cages expérimentales installées sur le barrage du Kan à quelques kilomètres de la Station)

Une méthode de production de fingerlings en cages a été définie en 1979-1980. Les poissons sont mis en charge à 4-5 g dans des cages de 2 m^3 en filets à petites mailles (6 mm). Ils atteignent une taille de 25-30 g en 80 jours avec des rendements de l'ordre de 90 kg/m^3 par an. L'aliment utilisé

est un composé titrant 35 % de protéines et présenté sous forme granulée.

Production de tilapias de consommation en étangs Une des principales activités de la Station de Bouaké a toujours été de mettre au point, puis de proposer aux organismes de développement, des techniques et des systèmes d'élevage liés à la production de poissons de consommation en étangs.

Mise en charge monosexe ou population mixte. Très vite après la création de la Station, les mises en charge ont été effectuées exclusivement avec des tilapias monosexes mâles, soit O. niloticus sexés, soit des hybrides. De 1973 à 1980, l'étude de l'association tilapia-prédateur a conduit les chercheurs de la Station à reprendre des mises en charge mixtes de tilapias, bien adaptées aux impératifs de simplicité des techniques destinées aux petits pisciculteurs en milieu rural.

Densités. Entre 1966 et 1979, les densités proposées pour les mises en charge sont passées de 1 à 2,2 tilapias/m^2 et se sont ensuite maintenues à ce niveau. Cette augmentation est liée à l'amélioration des traitements et donc de la productivité (fertilisation et nourrissage).

Fertilisation minérale. Les prix peu élevés des engrais minéraux à la fin des années 60 ont conduit les chercheurs de la Station de Bouaké à étudier leurs conditions d'application en pisciculture de 1967 à 1974. Trois types de fumure, associés ou non, ont été testés aux points de vue dosage et mode d'application : le chaulage, la fertilisation phosphatée (acide phosphorique), et la fertilisation azotée (sulfate d'ammoniaque). Ces travaux, qui ont fait l'objet de plusieurs publications définissant les meilleures doses d'apport, la durée de présence des engrais, etc., mettent en évidence un effet déterminant de la fertilisation phosphatée (voir Annexe : publications). En Côte d'Ivoire, la fertilisation minérale a été abandonnée en pisciculture au début des années 80, l'augmentation du prix des engrais et l'amélioration des aliments utilisés lui ayant fait perdre son intérêt économique.

Fertilisation organique - alimentation. Ce qu'on appelle «fertilisation organique» en pisciculture est difficile à comparer à la même notion en agriculture dans la mesure où la part des productions de poissons induites par cette «fertilisation», liée à l'enrichissement du milieu par des minéraux après décomposition et à une augmentation de la productivité primaire, est normalement faible par rapport à un effet alimentaire direct (le poisson consomme la matière organique apportée) ou indirect (le poisson se nourrit des micro-organismes associés à la décomposition : bactéries, protozoaires, part du zooplancton se nourrissant de ces microorganismes, etc.). Dans ces conditions, on a préféré lier ici les notions de fertilisation organique, et d'alimentation dans le cas particulier de la production de tilapia en étangs, en considérant que le rapport entre l'effet fertilisant ou alimentaire

indirect et l'effet alimentaire direct deviendra plus important avec l'enrichissement de l'apport ou sa meilleure accessibilité comme aliment pour le poisson.

Au cours de son existence, la Station de Bouaké a testé, seuls ou combinés, la plus grande partie des sous-produits et aliments disponibles en Côte d'Ivoire pour l'élevage du poisson : litière de poulailler, lisier de porc, graines de coton, parches de café, drèches et levures de brasseries, son et farine basse de riz, son de blé, tourteaux d'arachide, de coton, de malmiste, de coprah, filtrats de raffinage de l'huile, mélasses de sucrerie, huile et farine de poisson, sang et autres déchets d'abattoir, et il faut ajouter à cette liste des aliments composés, fabriqués sur la Station ou achetés dans le commerce. Les rendements de tilapia de consommation (Pi > 200 g), obtenus en étangs sans aération, varient de 2,5 à 3 t/ha par an avec des apports pauvres ou peu digestibles tels que parches de café ou graines de coton à 16 t/ha par an avec des aliments composés, riches en protéines, présentés sous forme de granulés. Un nourrissage bien adapté aux impératifs de simplicité et de rentabilité du milieu rural permet d'obtenir des rendements compris entre 6 t/ha par an (farine basse de riz) et 8 t/ha par an (composé pulvérulent ternaire, farine basse de riz + tourteau de coton + farine de poisson), ces rendements pouvant être portés à 12 t par l'association d'un apport de lisier de porc, par exemple, ou la constitution de composts complémentaires.

Association tilapia-prédateur. L'association d'un prédateur de contrôle aux élevages de tilapias de consommation permet d'éviter la prolifération du frai liée à la présence de femelles (élevages mixtes, erreurs de sexage, introduction incontrôlée de tilapias par l'eau d'alimentation).

Dans le cadre d'élevages mixtes, l'association d'un prédateur est une nécessité absolue, alors que dans les élevages monosexes, elle constituera plutôt une assurance contre une perte de contrôle des charges par l'exploitant.

Après avoir mené des essais d'association O. niloticus-Hemichromis fasciatus en 1960 et 1961, des expérimentations ont été reprises avec Lates niloticus (1972-1979), Clarias gariepinus (1972-1984) et Hemichromis fasciatus (1976-1985).

- Association tilapia-Lates niloticus. Le Lates, très apprécié des consommateurs auprès desquels il est connu sous le nom de «capitaine», est un prédateur de contrôle particulièrement efficace puisque dans le cadre d'une mise en charge mixte d'O. niloticus, il suffit d'un Lates pour assurer la destruction intégrale des pontes de 12 femelles de tilapia. Le Lates présente, cependant, une sensibilité à la mauvaise oxygénation et ne supporte pas les conditions d'élevage lorsque la densité de tilapia excède 1,5 individu/m^2, ce qui correspond à des rendements maximums de 5 t/ha par an.

- Association tilapia-Clarias gariepinus. Contrairement au Lates, le Clarias n'est pas un carnassier strict avec, pour corollaire, une prédation moins efficace des pontes de tilapia. Il faut un Clarias pour détruire le frai de 3 femelles d'O. niloticus. En contre-partie, le caractère omnivore de ce poisson et sa résistance aux désoxygénations permettent une véritable association des productions de Clarias et de tilapia. À titre d'exemples, des productions de l'ordre de 13 t/ha par an ont été obtenues à Bouaké sur des cycles d'élevage de 5 à 6 mois, 9 t/ha par an de tilapia (O. niloticus en peuplement mixte), et 4 t/ha par an de Clarias.

- Association tilapia-Hemichromis fasciatus. L'Hemichromis fasciatus est un petit Cichlidé prédateur, rustique et facile à reproduire. Il constitue, pour le pisciculteur en étang, un outil de contrôle idéal des reproductions incontrôlées. Résistant à de mauvaises conditions d'oxygénation, son seul défaut est sa petite taille qui le rend pratiquement invendable. Un Hemichromis suffit à assurer la destruction intégrale du frai de 8 femelles d'O. niloticus.

Élevages associés porcs-tilapia. Une série d'essais d'élevage associé porcs-tilapia (O. niloticus) a été menée à la Station de Bouaké de 1978 à 1980, dans le cadre de mises en charge mixtes et monosexes. Les rendements obtenus atteignent 11 t/ha par an. L'apport organique correspond aux déjections d'un porc pour 100 m^2 d'étang.

Polyculture. En 1982, la Station de Bouaké a conduit des essais d'élevage en polyculture, associant une variété de tilapia à densité dominante (O. niloticus), deux variétés de carpes (C. carpio et C. idella) et un prédateur (H. fasciatus). Les carpes herbivores se sont révélées fragiles et sensibles à la mauvaise oxygénation. L'essai a été interromppu en 1983.

Production de tilapias de consommation en cages Des essais de production d'O. niloticus de consommation ont été menés en cages, de 1975 à 1981 : en milieu fluvial sur le Bandama (1975-1979), et sur les retenues du Kan (Bouaké) et de Natio-Kobadara (Korhogo) (1980-1981). Ces essais, qui ont permis d'atteindre des rendements de 30 kg/m^3 par an, mettent en évidence un certain nombre de risques et contraintes liés à ce système d'exploitation :

- l'aliment doit être riche en protéines, bien composé, et présenté sous forme granulée;

- les risques de pertes de poissons sont élevés (vols, déchirures des cages);

- les fortes densités d'élevage se traduisent par une grande sensibilité des poissons au stress et aux épidémies.

Rizipisciculture Quelques essais de rizipisciculture ont été menés en 1983-1984 avec O. niloticus, dans le cadre d'une collaboration entre la SODEPALM et la Station piscicole de Bouaké sur des rizières situées à Dabou. Ces essais ont donné des résultats décevants, caractérisés par des croissances médiocres et des survies catastrophiques. La pratique de la rizipisciculture ne peut être pratiquée avec succès que si l'exploitant maîtrise à la fois parfaitement le contrôle de l'eau et les techniques d'élevage du poisson; il faut, de surcroît, que cette activité réponde à une nécessité économique (besoins alimentaires impératifs, vu que la rizipisciculture ne permet de produire que des poissons de petite taille difficilement commercialisables).

Recherches sur les Clariidae et leur élevage

De 1973 à 1984, les chercheurs de la Station de Bouaké ont consacré un travail important à l'étude du silure Clarias gariepinus et à son élevage; quelques travaux ont également été effectués sur Heterobranchus isopterus, un poisson de la même famille.

Le contrôle de la reproduction naturelle en étangs, la reproduction induite, l'alevinage et la production de poissons de consommation ont été étudiés et ont fait l'objet de plusieurs publications (voir Annexe : publications).

Contrôle de la reproduction naturelle en étangs

Clarius gariepinus se reproduit naturellement en étangs, mais de façon capricieuse et mal contrôlée; dans ces conditions, la survie des alevins est dérisoire. Les chercheurs de la Station de Bouaké ont mis au point une technique simple, permettant un meilleur contrôle de la reproduction en simulant des crues. Cette façon de procéder peut permettre aux petits pisciculteurs du milieu rural de s'assurer un modeste approvisionnement en Clarias sans avoir recours aux écloseries du pays utilisant des techniques de reproduction et d'alevinage plus sophistiquées.

Reproduction induite en écloserie

La maturation sexuelle des Clarias et des Heterobranchus peut être induite par injection d'hormones telles que la DOCA (cortico-surrénale), la gonadotrophine ou des extraits hypophysaires, ces derniers étant les plus efficaces.

Les travaux conduits à Bouaké ont contribué à la mise au point d'une méthode de reproduction largement utilisée aujourd'hui dans le monde tropical et subtropical, et dont le déroulement peut être détaillé comme suit :

- sélection des géniteurs (test d'agressivité pour les mâles);
- injection des géniteurs mâles et femelles;
- extraction des oeufs par stripping et de la laitance par dissection (sacrifice du mâle);

- mélange à sec des produits sexuels, puis adjonction d'un liquide dilueur et activateur du sperme;

- mise des oeufs en incubation dans des «auges californiennes» ou des bouteilles de zoug.

Le taux de fécondation obtenu atteint 80 %.

Dans le cadre des essais de reproduction conduits sur les Clariidae, des hybrides Heterobranchus isopterus x Clarias gariepinus ont été obtenus.

Alevinage

Si la reproduction de Clarias gariepinus et d'Heterobranchus isopterus ne pose pas de réel problème, il n'en est pas de même de l'alevinage, de très fortes mortalités touchant les larves pendant leurs premiers jours d'existence en bacs (écloserie) ou en étangs.

Problèmes liés à l'alevinage Les principaux problèmes liés à l'alevinage sont les suivants :

- Alimentation des larves. De très petites tailles, les larves doivent être "démarrées" en bacs avec un aliment bien adapté dès la résorption des réserves vitellines. De nombreux aliments ont été testés (farines composées, levure, cervelle broyée, naublies d'Artemia, zooplancton naturel vivant et mort, etc.), l'aliment le plus efficace étant indiscutablement le zooplancton.

- Cannibalisme. La croissance très hétérogène des larves, puis des alevins, se traduit par un cannibalisme actif des plus grands individus sur les plus petits dès le début de l'élevage. Ce phénomène est particulièrement sensible à fortes densités et ne peut être évité que par un très contraignant tri systématique des alevins.

- Prédation en étangs. L'étang où les alevins peuvent trouver une nourriture naturelle bien adaptée est, malheureusement, le siège d'une prédation, en particulier par les larves d'insectes, les têtards et les grenouilles.

Méthode d'alevinage La méthode d'alevinage suivante a été proposée par la Station de Bouaké :

- Préalevinage en bacs. Après éclosion et résorption de la vésicule, les larves sont mises en préalevinage en bacs jusqu'au développement de leurs organes arborescents (organes respiratoires), soit pour 10-15 jours. Pendant cette phase de l'élevage, les poissons sont nourris abondamment avec du plancton, de la levure et des farines composées, très riches en protéines d'origine animale. À l'issue de ce préalevinage, les poissons ont un poids compris entre 10 et 50 mg.

° Alevinage en étangs. Les jeunes alevins sont ensuite transférés en étangs, où leur survie reste largement dépendante des facteurs suivants : la densité qui influe sur la disponibilité en nourriture naturelle pour les alevins; la taille des alevins à la mise en charge (plus elle est élevée, meilleure est la survie); et la quantité de prédateurs installés avant la mise en charge et qui a un effet déterminant sur l'importance des mortalités. Après 45 jours d'alevinage, on peut espérer une survie maximum de l'ordre de 70 % sur une densité initiale de 10 alevins/m^2. La taille individuelle sera alors de 10 g environ, et les poissons seront prêts à être mis en charge en étangs de production. Il faut noter, cependant, que sur un grand nombre d'alevinages répartis sur de longues périodes, les survies moyennes excèdent rarement 15 %.

Production de Clariidae de consommation Seul l'élevage du Clarias gariepinus en monoculture sera abordé ici, les travaux sur l'association de ce poisson à l'élevage du tilapia ayant été décrits précédemment. Le Clarias gariepinus se caractérise par une croissance extrêmement rapide et par une excellente résistance à des conditions d'élevage «extrêmes», caractérisées par une très mauvaise oxygénation.

En élevage monospécifique, des rendements de l'ordre de 20 t/ha par an ont été obtenus avec des croissances individuelles supérieures à 5 g par jour en utilisant des granulés titrant 25 % de protéines.

Travaux de recherches sur les Bagridae et leur élevage

Deux silures de la famille des Bagridae, Auchenoglanis occidentalis et Chrysichthys walkeri ont fait l'objet de travaux de recherche à la Station piscicole de Bouaké, en vue d'évaluer leurs potentialités aquacoles en monoculture comme en polyculture avec tilapia.

Auchenoglanis occidentalis

Des observations et des essais ont été menés sur Auchenoglanis de 1973 à 1978, dont les résultats peuvent être résumés comme suit :

° l'Auchenoglanis se reproduit naturellement en étang;

° sa survie en étang est bonne, mais sa croissance est lente et les indices de conversion de l'aliment sont élevés;

° l'élevage monospécifique de cette espèce est économiquement inenvisageable en Côte d'Ivoire (prix de vente trop bas, coûts de production trop élevés);

° cette espèce benthophage peut, cependant, être associée à faible densité aux élevages de tilapias.

Chrysichthys walkeri

De nombreuses observations ont été réalisées sur la biologie et toutes les phases d'élevage de ce poisson entre 1973 et 1981. Le Chrysichthys est très apprécié des consommateurs qui le connaissent en Côte d'Ivoire sous le nom de «mâchoiron».

Reproduction naturelle en étang Le Chrysichthys se reproduit naturellement en étang si on y aménage des abris-substrats où il puisse pondre. Les résultats de la reproduction en terme de nombre d'alevins sont peu élevés, mais suffiraient pour des pisciculteurs en milieu rural à assurer un approvisionnement d'appoint en Chrysichthys pour association à l'élevage de tilapias, par exemple (60 alevins récupérés par femelle et par ponte).

Reproduction induite en écloserie Des essais de reproduction induite ont été menés sur ce poisson de 1974 à 1980. L'utilisation de gonadotrophine a permis l'obtention de plusieurs pontes. La reproduction a lieu dans un tube fermé (abri-substrat) placé à l'intérieur d'un bac. L'éclosion des oeufs a lieu entre 3 et 4 jours après la ponte.

Alevinage La larve de Chrysichthys est robuste et les survies sont normalement bonnes. Après résorption de la vésicule (6-8 jours après l'éclosion), les alevins se nourrissent activement. Les aliments qui ont été testés sont le plancton vivant ou congelé, des poudres composées, riches en protéines, de la levure et de la cervelle broyée.

Production de Chrysichthys de consommation en étang Les essais de production de Chrysichthys walkeri en étang mettent en évidence les points suivants :

- la croissance est assez lente à 0,5 g/poisson par jour, plus lente en tout cas que celle de C. nigrodigitatus élevé en lagunes;
- les survies sont bonnes, mais ce poisson montre une certaine sensibilité à la désoxygénation et des mortalités sont enregistrées lorsque le taux de O_2 descend en-dessous de 2 mg/L;
- le Chrysichthys peut constituer une bonne espèce d'élevage en étang en peuplement pur ou associée au tilapia, à condition de disposer d'un aliment granulé de qualité et de pouvoir assurer un renouvellement de l'eau irréprochable.

Élevage de Chrysichthys de consommation en cages flottantes Plusieurs essais d'élevage de Chrysichthys ont été effectués dans des cages flottantes, placées sur le barrage du Kan à côté de la Station, en 1980 et 1981. Les rendements obtenus se situent aux environs de 15 g/m^3 par an, avec I.C. = 3,5 et une croissance individuelle de 0,75 g par jour. Étant donné le prix élevé du Chrysichthys, de tels indices techniques permettent d'envisager

l'élevage en cage de ce poisson sur une base commerciale.

Travaux de recherches sur diverses espèces

Outre les tilapias et les silures mentionnés plus haut, les chercheurs de la Station de Bouaké ont effectué des observations et des essais d'élevage sur Heterotis niloticus (de 1960 à 1976), Astatoreochromis alluandi (de 1969 à 1971), Cyprinus carpio (de 1981 à 1984), Ctenopharyngodon idella (de 1981 à 1985), et sur les prédateurs de contrôle Lates niloticus (de 1971 à 1978) et Hemichromis fasciatus (en 1960, puis de 1976 à 1985).

D'autres espèces présentes sur la Station ont fait l'objet de simples observations. Il s'agit principalement de Labeo coubie, Distichodus rostratus, et Citharinus eburneensis.

Heterotis niloticus

De 1960 à 1976, ce poisson a fait l'objet d'un long et important programme de recherche, sa bonne croissance et sa résistance à la désoxygénation l'ayant désigné aux yeux des chercheurs comme un poisson de pisciculture potentiellement intéressant.

Une survie médiocre des alevins, mais surtout la difficulté à nourrir efficacement ce zooplanctonophage strict, ont conduit à l'abandon du programme.

Astatoreochromis alluaudi

Ce Cichlidae, originaire d'Afrique de l'Est, a fait l'objet d'observations de 1969 à 1971, dans le cadre d'une étude sur l'utilisation des poissons comme moyen de lutte biologique contre les gastéropodes vecteurs de la bilharziose. La souche de ce poisson à Bouaké a été détruite accidentellement en 1971.

Cyprinus carpio et Ctenopharyngodon idella

Ces deux carpes ont fait l'objet d'essais de reproduction et d'élevage entre 1981 et 1985. Des pontes naturelles et induites ont été obtenues chez C. carpio alors qu'aucune maturation sexuelle n'a été constatée chez C. idella. Ces poissons, aux performances de croissance remarquables, s'accommodent malheureusement mal, au point de vue de leur reproduction, de l'absence d'une saison froide marquée.

Des essais d'utilisation de C. idella comme poisson faucardeur pour des retenues envahies de végétation flottante se sont révélés décevants. Des essais de polyculture en association avec les tilapias ont été réalisés avec les deux espèces de carpes (voir plus haut).

Lates niloticus

De nombreuses observations et essais ont été effectués sur la reproduction et la croissance de ce poisson entre 1971 et 1978, ayant pour but d'optimiser des techniques de production en étang de jeunes individus destinés à une association avec les tilapias (voir

plus haut, association tilapias-prédateurs). Un système de récolte des juvéniles de Lates, basé sur l'exploitation du caractère pélagique des oeufs et des larves, a été mis au point et fonctionne sur le principe d'une surverse permanente de l'eau des étangs de ponte (où la reproduction est naturelle), qui alimente directement de grands étangs d'alevinage situés à l'aval. Ce procédé, d'un caractère extensif, est simple et efficace.

Hemichromis fasciatus

La reproduction et la production de juvéniles chez ce petit Cichlidae ont fait l'objet d'observations et d'essais orientés vers un meilleur contrôle de la production de poissons de 10-15 g, directement utilisables comme prédateurs de contrôle en étangs de production de tilapias. Très rustique et se reproduisant bien en étangs, la production d'Hemichromis ne pose aucun problème technique, ne nécessite pas d'infrastructures spécifiques, et peut être conduite intégralement dans des bassins utilisés par ailleurs pour la production de tilapias de consommation.

Recherches sur les milieux d'élevage et leur aménagement

Travaux sur les retenues artificielles

Dès 1963, les chercheurs de la Station piscicole de Bouaké se sont intéressés à l'étude des retenues artificielles dans le but de proposer une organisation de l'aménagement et de l'exploitation halieutique bien adaptée à chaque cas.

Des dizaines de retenues ont ainsi été étudiées sur les plans de la limnologie, de l'ichtyofaune et du suivi des conditions de pêche : le lac d'Ayamé (1963-1978), le lac de Kossou (et dès avant sa mise en eau, 1968-1973) et différents lacs artificiels des régions centre et nord du pays (1967-1971). Pour chaque barrage étudié, des propositions ont été faites relativement à l'organisation de la pêche et aux aménagements éventuels tels que les empoissonnements en espèces nouvelles.

Travaux sur les étangs

À partir de 1984, un important programme de suivi limnologique des étangs de pisciculture a été mis en place à Bouaké, l'accent étant porté tout particulièrement sur l'étude dynamique des populations de plancton en relation avec les conditions d'exploitation aquacole.

Formation

Le Centre de formation piscicole de Bouaké

En 1966-1967, un Centre de formation piscicole et son internat ont été créés sur la Station de Bouaké. Cette école, destinée à apporter une formation spécialisée en pêche et pisciculture à des cadres moyens venus de toute l'Afrique francophone, a été gérée par la Station piscicole de Bouaké jusqu'en 1982, pour être reprise ensuite par le Service des eaux et forêts.

Pendant cette période, 163 étudiants, répartis en 7 promotions, ont été formés (45 Ivoiriens, 19 Sénégalais, 18 Zaïrois, 10 Maliens, 10 Nigériens, 9 Rwandais, 8 Gabonais, 6 Centrafricains, 6 Béninois, 6 Tchadiens, 6 Togolais, 5 Burkina-be, 5 Camerounais, 5 Congolais, 3 Malgaches, 1 Algérien et 1 Burundais.

Ces anciens étudiants, qui occupent aujourd'hui des postes de responsabilités dans l'administration des pêches de toute l'Afrique francophone, constituent un très large réseau de compétences au Service du développement halieutique et aquacole.

Formations diverses assurées par les techniciens et chercheurs de la Station piscicole

Depuis la création de la Station de recherches piscicoles de Bouaké, ses chercheurs et techniciens ont dispensé des cours ou fait des conférences dans différentes écoles du pays : l'Université d'Abidjan, l'École forestière, l'Institut agricole de Bouaké et, bien sûr, depuis 1983, le Centre de formation piscicole de Bouaké.

Enfin, la Station de Bouaké est l'hôte, chaque année, souvent pour de longues périodes, de nombreux étudiants et stagiaires.

Opérations de développement

Au cours de son existence, la Station de recherches piscicoles de Bouaké a mené plusieurs opérations de développement, soit en conduisant des opérations pilotes, soit en apportant un appui direct à des projets de développement, soit encore dans le domaine de la pisciculture extensive, en assurant l'empoissonnement de barrages de retenue.

Il semble important de souligner que la nécessité ressentie par cette Station de recherches piscicoles de s'investir au niveau du développement a correspondu à l'absence à peu près totale de véritables pisciculture de production dans le pays durant les 15 premières années de son existence. Au contraire, il semble également clair que le développement aquacole réel en Côte d'Ivoire depuis 10 ans a pu s'appuyer sur des structures de recherches perennes.

Appui à des projets de développement

La Station de Bouaké a fourni aux différentes opérations de développement de la pisciculture, qui se sont successivement mises en place à partir des années 75, un appui sous différentes formes, ayant toutes en commun la volonté de la part de la Station :

- de passer le flambeau aux projets de développement (qu'ils soient pilotes ou d'encadrement/vulgarisation);
- de réaliser les recherches amont - ou d'accompagnement - de ces projets dont les problématiques sont ainsi identifiées à partir des problèmes posés par le développement.

Les principaux exemples de cette synergie : Station de recherches piscicoles de Bouaké - Projets de développement, sont les suivants :

° Ferme piscicole de Natio-Kobadara : Cette première grande station de production de poissons marchands (avec des objectifs économiques) ivoirienne a fonctionné sur le modèle d'élevage tilapias-prédateurs, mis au point à Bouaké. En complément, ce projet a sous-traité la réalisation de recherches d'accompagnement portant sur l'amélioration des rendements et l'approfondissement des connaissances sur les prédateurs.

° Projet pilote de développement de l'aquaculture lagunaire : Les recherches d'accompagnement à ce projet visent la détermination d'un Oreochromis (souche, espèce ou hybride) à croissance rapide, adapté à des conditions d'élevage intensif (cage, enclos) en milieu saumâtre. Par ailleurs, la Station de Bouaké a assuré largement l'approvisionnement en alevins de ce projet à des fins de production de poissons marchands ou de testage en milieu lagunaire.

° Projet de développement de la pisciculture en milieu rural : Les collaborations entre la Station de Bouaké et ce projet ont revêtu, dès son démarrage, diverses formes : fourniture de géniteurs et d'alevins (tilapias, Clarias), recherches d'accompagnement, appui scientifique/technique, etc.

Empoissonnement de barrages

De nombreux barrages ont bénéficié d'empoissonnement à partir de la Station de Bouaké, les deux principaux exemples étant Ayamé et Kossou, dont les populations d'Oreochromis niloticus et d'Heterotis niloticus, qui contribuent aux productions totales de façon prépondérante, sont originaires de la Station de recherches.

Outre ces deux espèces, introduites dans de très nombreux plans d'eau artificiels, Lates niloticus, Chrysichtys walkeri, et Auchenoglanis occidentalis ont fait l'objet de déversements dans plusieurs petits barrages du centre et du nord du pays.

1986-1988 : La Station de recherches piscicoles de Bouaké aujourd'hui

Comme cela a été dit plus haut, le «décollage» des productions aquacoles est très récent en Côte d'Ivoire et ce n'est que depuis peu que la recherche piscicole a réellement bénéficié de l'intérêt et des financements liés à ce développement. Le nombre croissant de pisciculteurs privés place les projets de développement qui les encadrent devant des problèmes techniques à résoudre, sans cesse plus nombreux. Certains de ces problèmes sont soumis aux centres de recherche appliquée qui doivent, à très court terme,

leur trouver des solutions pratiques.

Ainsi, à Bouaké, une grande partie de la capacité de travail de la Station se trouve mobilisée aujourd'hui par des programmes d'expérimentations en appui aux opérations de développement de la pisciculture en lagunes et en milieu rural, et c'est ce lien qui vient de s'établir entre la recherche et le développement qui domine de son empreinte l'esprit et une large part des orientations de la Station de Bouaké en 1988.

Parallèlement à ces expérimentations «adaptives», se développe cependant à Bouaké une recherche plus fondamentale trouvant sa justification dans des perspectives d'évolution de la pisciculture à plus long terme, et c'est ainsi qu'en 1988, se conduisent ou s'amorcent des programmes sur la physiologie ou la génétique des tilapias d'une portée dépassant largement les frontières de la Côte d'Ivoire.

L'ensemble des travaux réalisés ces trois dernières années sur la Station se répartissent aujourd'hui en trois programmes, définis brièvement au début de ce document : l'étude de la biologie et de l'amélioration des poissons, l'étude des techniques et systèmes d'élevage, et l'étude des milieux d'élevage.

Étude de la biologie et de l'amélioration des poissons

Ce programme est lui-même divisé en trois opérations de recherche :

- l'analyse du déterminisme du sexe, appliquée à la production des populations monosexes de tilapia du genre Oreochromis (opération initiée en 1985 en collaboration avec l'INRA et le CTFT-CIRAD;

- la caractérisation des différentes souches et variétés de tilapias du genre Oreochromis (opération initiée en 1984 avec l'appui du Projet de développement de l'aquaculture lagunaire);

- la diversification des espèces d'élevage (très ancienne opération trouvant, en 1988, un souffle nouveau grâce à l'appui du gouvernement ivoirien, qui a renforcé les équipes, et au soutien financier du FED).

Analyse du déterminisme du sexe, appliquée à la production de populations monosexes de tilapias du genre Oreochromis

Chez le tilapia, la rentabilité d'un élevage est liée à l'utilisation de populations monosexes. Par le biais de la technique d'inversion hormonale du sexe, deux voies sont étudiées pour obtenir de telles populations mâles :

- La méthode directe consiste à masculiniser une population d'alevins en incorporant, pendant une courte période de son

développement, un stéroïde dans l'alimentation. Des stéroïdes déterminés comme étant potentiellement présents dans la gonade de l'animal au moment de la différenciation naturelle de son sexe sont testés en aquariums, de même que des inhibiteurs d'activité enzymatique stéroïdienne.

° La méthode indirecte passe par la féminisation d'alevins et, après identification par testage des néofemelles obtenues, il devient possible de produire par simple croisement un génotype nouveau. Celui-ci, identifié par un nouveau testage, fournit des descendances monosexes mâles. L'utilisation en pisciculture de tels génotypes permettra donc la production de populations monosexes mâles n'ayant subi aucun traitement, ni sexage.

Ces deux approches ont permis au Département piscicole de produire des populations monosexes mâles.

Caractérisation de différentes souches et variétés de tilapias du genre Oreochromis

La diversité des souches et espèces de tilapias, leur large distribution originelle et leur facilité d'hybridation peuvent constituer autant d'atouts pour une diversification des milieux et systèmes d'élevage de ce poisson.

Toutefois, l'absence de critères fiables pour mesurer le degré d'hybridation expérimental ou naturel et une trop forte consanguinité des stocks souvent mal constitués peuvent se traduire par une diminution des performances, au fil des générations, des animaux utilisés. Dès lors, la caractérisation des stocks domestiques, de même que l'analyse de la diversité génétique des populations naturelles, peuvent permettre, par de meilleurs choix et gestion des stocks, aussi bien d'optimiser l'emploi d'une souche ou d'une espèce dans un système d'élevage donné que de diversifier les types de milieux utilisés.

° Afin de diversifier les milieux d'élevage du tilapia et d'envisager sa production en lagunes, des indices de résistance à la salinité sont d'abord recherchés chez des souches, espèces et hybrides. Pour chaque lot, des tests en milieu lagunaire sont ensuite effectués et ces deux types de résultats corrélés.

° Afin de reconstituer éventuellement de nouveaux stocks d'élevage mieux adaptés et plus performants dans différentes conditions d'élevage, sont ajoutés aux critères précédents d'autres caractéristiques biologiques recherchées chez diverses souches ou espèces domestiques et naturelles : fécondité, sex-ratio de la descendance, croissance dans différentes conditions, âge à la première maturité.

L'utilisation de techniques électrophorétiques renforcera

l'analyse morphométrique classique et renseignera sur la diversité génétique de la population observée.

Diversification des espèces d'élevage

Outre la diversification des milieux d'élevage du tilapia, le Département piscicole cherche à diversifier les espèces d'élevage ou de repeuplement. Six genres ou espèces sont, aujourd'hui, concernés : Lates niloticus, Eutropius mentalis, et Labeo coubie, ainsi que les genres Distichodus, Citharhinus et Panophiocephalus. Après un premier choix déterminant les plus performantes de ces espèces autochtones, en croissance, domestication, biologie et éthiologie, des méthodes d'induction de la reproduction par voie hormonale, ou par manipulation des facteurs externes, permettront d'abord d'étudier la facilité d'obtention et de prégrossissement d'alevins destinés, par exemple, à valoriser des retenues agropastorales. Enfin, selon la durée et la facilité de réalisation d'un cycle de développement, la faisabilité et la rentabilité d'un élevage complet seront déterminées.

Étude des techniques et systèmes d'élevage

Dans le cadre de ce programme, les activités, depuis 1986, ont été avant tout orientées vers l'optimisation des techniques de pisciculture en étangs, proposées par les projets de développement aux paysans. En 1988, les chercheurs de la Station, en collaboration avec les développeurs, se sont attachés à comparer et à analyser les résultats de différents systèmes d'élevage chez les paysans et en station de recherche, respectivement, à travers un vaste dispositif expérimental portant sur différentes formes de nourrissages, de mises en charge, d'élevages associés, etc. Cet aspect du programme conduit à porter des ajustements aux systèmes et à améliorer les gains des exploitants.

Toujours en 1988, un soutien financier du FED a permis à la Station de se doter d'une écloserie expérimentale, outil indispensable à la mise au point des techniques de reproduction et d'alevinage de tout un éventail de nouvelles espèces (voir plus haut, diversification des espèces d'élevage).

Étude des milieux d'élevage

Ce programme, qui a longtemps été dominé par des opérations liées à l'exploitation des lacs de retenue, est exclusivement consacré aujourd'hui, et depuis quelques années déjà, au suivi limnologique des étangs d'élevage. À travers le contrôle de quelques paramètres physico-chimiques du milieu (O_2, pH, DBO, DCO) et une étude de la dynamique des populations de plancton, ce programme, conduit sous différentes conditions de mise en charge et de traitements, contribue à une meilleure compréhension des mécanismes très complexes de la productivité en étangs.

Perspectives d'avenir

Bien que chercher à définir l'avenir révèle inévitablement d'une large part de spéculations, on peut raisonnablement supposer que la recherche au sein du Département piscicole de l'Institut des Savanes aura demain, encore plus qu'aujourd'hui, un double caractère : d'une part, la Station poursuivra ses recherches «adaptatives» en appui aux opérations de développement et, d'autre part, elle mènera, en collaboration ou en relation avec des centrales de recherche situées à l'extérieur, des travaux plus fondamentaux ayant pour ambition de préparer l'avenir à moyen et long terme.

Les recherches d'accompagnement aux opérations de développement et dont les résultats doivent déterminer un progrès à court terme

Pisciculture semi-intensive en étangs

L'implantation très réelle d'une pisciculture semi-intensive en milieu rural se traduit, dès à présent, par l'émergence de pisciculteurs de «deuxième génération» qui se caractérisent par une compétence et un esprit d'entreprise supérieurs. La tendance ne peut que s'accentuer et il convient de proposer à cette élite des systèmes d'exploitation encore plus rentables, plus compliqués sans doute, mais adaptés à ses capacités.

On peut prévoir deux voies d'évolution :

- une tendance déjà amorcée par certains vers une polyculture qui exploite mieux les ressources des bassins;
- une spécialisation de certains exploitants dans des activités de «haute technicité», telles que la production de fingerlings de tilapia, voire d'espèces plus difficiles à produire, et qu'ils vendraient aux pisciculteurs pratiquant le grossissement.

Cette évolution vers une pisciculture plus rentable doit impérativement se faire dans le cadre d'une approche «système» intégrant d'autres volets de l'activité rurale et, en particulier, l'élevage.

Il appartient à la recherche d'apporter aux problèmes induits par un développement rapide de l'activité aquacole en milieu rural une réflexion qui dépasse le cadre étroit des techniques et qui embrasse également les problèmes liés à la complémentarité des autres activités agricoles ou aux contraintes socio-économiques propres au milieu.

Pisciculture intensive (cages ou enclos)

La pisciculture intensive en cages et en enclos connaît un développement important en Côte d'Ivoire, particulièrement au sud du pays, dans les grandes lagunes à proximité d'Abidjan.

L'aquaculture intensive n'échappe ou n'échappera pas aux principales contraintes liées à tous les élevages «hors sol» à haute densité : le poids des pathologies et les problèmes de marché liés à l'écoulement de productions de plus en plus importantes.

Dans ces conditions, la recherche d'appui au développement devra reproposer régulièrement des variétés et des techniques adaptées à un équilibre des conditions d'exercice de la spéculation aquacole, fragile, et en constante évolution.

Exploitation des retenues (pisciculture extensive)

Il existe, en Côte d'Ivoire, un grand nombre de retenues dont le potentiel halieutique est peu ou mal exploité. Il serait souhaitable, comme par le passé, que le Département piscicole de l'IDESSA joue un rôle de guide auprès des organismes gérant ces plans d'eau. Ces conseils de l'IDESSA, basés sur des études préalables de courte durée, porteraient sur deux points :

- l'amélioration de l'exploitation de la productivité naturelle par les poissons en recherchant, par exemple, à travers des empoissonnements de différentes espèces, une colonisation équilibrée des différentes niches trophiques;

- l'organisation proprement dite de la pêche et de la commercialisation du poisson.

Les recherches dont les résultats doivent déterminer des progrès à moyen ou long terme

Une institution de recherche appliquée n'a de véritable existence que si tous ses travaux, ou une partie de ceux-ci, sont reconnus internationalement pour sa qualité, son sérieux scientifique et sa portée technique. Pour cette raison, il est indispensable que le Département piscicole de l'IDESSA occupe une place, si modeste soit-elle, dans le concert de la recherche aquacole internationale en milieu tropical et qu'il consacre une part de ses moyens à des travaux dont les résultats auront une incidence sur la pisciculture de demain ou même d'après-demain.

L'amorce de travaux sur la caractérisation des différentes variétés d'Oreochromis a engagé l'IDESSA sur ce sujet d'une importance primordiale, et le classement et l'étude des différentes souches et hybrides disponibles sur la Station y seront effectués selon des critères à la fois morphométriques, biochimiques (électrophorèse) et zootechniques. La bonne connaissance des poissons utilisés constitue, en effet, un préalable nécessaire à leur emploi rationnel en élevage et à tout programme d'amélioration génétique.

Dès 1985, l'IDESSA a engagé une opération extrêmement intéressante sur le déterminisme du sexe chez O. niloticus, et ce travail sera poursuivi et approfondi.

Ces deux opérations, menées en collaboration avec d'autres centrales de recherche en aquaculture ailleurs dans le monde, doivent contribuer à mettre à la disposition des éleveurs des poissons aux performances zootechniques améliorées. Ces travaux pourraient même déboucher, pourquoi pas, sur une participation de l'IDESSA à des programmes de génétique ou de physiologie avancés (polyploïdisation, essais sur l'utilisation des hormones de croissance, etc.).

Pour en terminer avec ces considérations sans doute un peu spéculatives, l'IDESSA pourrait participer, lorsqu'ils seront mis en place, aux programmes internationaux d'étude des mécanismes les plus tenus de la productivité en étangs d'eau chaude.

ANNEXE

Quelques publications des chercheurs et techniciens de la Station de recherches piscicoles de Bouaké (classées par thème et par ordre chronologique)

Recherche sur le tilapia et son élevage

Biologie et amélioration

Lessent, P. 1966. Essais d'hybridation dans le genre Tilapia à la Station de recherches piscicoles de Bouaké (Côte d'Ivoire). F.A.O.Fish. Rep., 44(4).

Jalabert, B., Kammacher, P., Lessent, P. 1971. Déterminisme du sexe chez les hybrides entre Tilapia macrochir et Tilapia nilotica. Étude de la sex-ratio dans les recroisements des hybrides de première génération par les espèces parentes. Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys., 11(1).

Jalabert, B., Moreau, J., Planquette, P., Billard, R. 1974. Déterminisme du sexe chez Tilapia macrochir et Tilapia nilotica : action de la méthyltestostérone dans l'alimentation des alevins sur la différenciation sexuelle; proportion des sexes dans la descendance des mâles «inversés». Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys., 14(4B).

Baroiller, J.F. 1988. Étude corrélée de l'apparition des critères morphologiques de la différenciation de la gonade et de ses potentialités stéroïdogènes chez Oreochromis niloticus. Thèse de doctorat. INRA. CTFT/CIRAD.

Techniques et systèmes d'élevage

Lessent, P. 1965. Amélioration de la production naturelle. Essais de fertilisation des étangs de pisciculture. Colloque S.T.R.C. sur la pisciculture, Nairobi, Kenya.

Lazard, J. 1973. Essai de fumure minérale (phosphore) à la Station de pisciculture de Bouaké. Notes et documents sur la pêche et la pisciculture, 6.

Planquette, P., Petel, C. 1976. Quelques données sur la valeur nutritive de certains produits utilisés comme aliments pour l'élevage intensif de Tilapia nilotica. Notes et documents sur la pêche et la pisciculture, 12.

Planquette, P., Petel, C. 1976. Quelques données sur la mise au point de méthodes d'élevage de Tilapia nilotica associé à un prédateur. Symposium sur la pêche en eau douce, Mexico.

Morissens, P. 1979. Un premier test d'élevage de porcs associé à la pisciculture de Tilapia nilotica à la Station de Bouaké (République de Côte d'Ivoire). Notes et documents sur la pêche et la pisciculture, 19.

Hirigoyen, J.P., Petel, C. 1980. Contribution à l'étude de la méthode d'élevage associé porcs-poissons : nouveaux tests d'élevage de porcs associé à la pisciculture de Sarotherodon niloticus (Linne 1757) à la Station de Bouaké (République de Côte d'Ivoire). Notes et documents sur la pêche et la pisciculture, 21.

Cavailles, M. 1981. Production intensive d'alevins de Sarotherodon niloticus. CTFT, Bouaké.

Cavailles, M., Konan, K., Doudet, T. 1981. Essai d'élevage de poissons en cages flottantes en eaux continentales. CTFT, Bouaké.

Recherches sur les Clariidae

Pham, A. 1975. Données sur la production en masse d'alevins de Clarias lazera (Val.) à la Station de Bouaké (République de Côte d'Ivoire). Notes et documents sur la pêche et la pisciculture, 10.

Pham, A. 1976. Notes préliminaires sur le régime alimentaire des alevins de Clarias lazera (Val. 1840) (poisson Téléostéen : Clariidae). Notes et documents sur la pêche et la pisciculture, 13.

Pham, A., Raugel, B. 1977. Contribution à l'étude de la reproduction provoquée des femelles de Clarias lazera (pisces : Clariidae). Notes et documents sur la pêche et la pisciculture, 15.

Pham, A., Raugel, B. 1978. Rapport sur quelques tests d'alimentation de Clarias lazera en élevage monospécifique. Notes et documents sur la pêche et la pisciculture, 17.

Pham, A. 1980. Contribution à l'étude de la biologie de Clarias lazera - Survie des alevins en étangs. Notes et documents sur la pêche et la pisciculture, 20.

Hirigoyen, J.P. 1985. Reproduction provoquée et alevinage du silure africain Clarias gariepinus. Méthodologie synthétique développée au Centre piscicole de Bouaké. IDESSA, Notes et techniques.

Recherches sur les Bagridae

Planquette, P. 1976. Contribution à l'étude de poissons utilisables en eaux chaudes : observations sur la croissance et la reproduction d'Auchenoglanis occidentalis (poisson Bagridae). Notes et documents sur la pêche et la pisciculture, 12.

Pham, A., Hirigoyen, J.P. 1979. Données préliminaires sur la reproduction provoquée de Chrysichtys walkeri (Gunther 1899) (poissons Bagridae). Notes et documents sur la pêche et la pisciculture, 18.

Hirigoyen, J.P., Petel, C. 1979. Nouvelles données sur la croissance en étangs du poisson Bagridae Auchenoglanis occidentalis (Val. 1840). Notes et documents sur la pêche et la pisciculture, 18.

Hirigoyen, J.P., Petel, C. 1979. Contribution à l'étude d'espèces utilisables en aquaculture en eaux chaudes. Premières données sur la croissance du poisson Bagridae Chrysichtys walkeri (Gunther 1899). Notes et documents sur la pêche et la pisciculture, 18.

Hirigoyen, J.P., Petel, C. 1982. Contribution à l'étude de Chrysichtys walkeri (Gunther) (Pisces, Bagridae). Essai d'élevage en étangs. Notes et documents sur la pêche et la pisciculture, 23.

Recherches sur diverses espèces

Planquette, P., Lemasson, J. 1975. Le peuplement de poissons du Bandama Blanc en pays baoulé. Ann. Univ. Abidjan, série E, VIII(I).

Planquette, P. 1974. Observations sur la croissance et la reproduction de Lates niloticus en étangs de petite superficie à la Station de pisciculture de Bouaké (République de Côte d'Ivoire). Notes et documents sur la pêche et la pisciculture, 8.

Planquette, P. 1974. Nile Perch as a predator in Tilapia ponds. Bull. Aquaculture, F.A.O., 6.

Planquette, P. 1975. Dimorphisme sexuel chez Lates niloticus (poisson centropomidae). Cahiers ORSTOM, Série Hydrobiol., 9(1).

Recherches sur les milieux d'élevage et leur aménagement

CTFT. 1970 à 1972. Rapports d'études sur l'aménagement du lac de Kossou. CTFT, Bouaké.

Lazard, J. 1973. Mise en valeur de la retenue de Nombolo (Côte d'Ivoire). Notes et documents sur la pêche et la pisciculture, 6.

Petel, C. 1974. Contribution à l'aménagement piscicole des lacs de barrage de la région de Korhogo. CTFT, Bouaké.

Doudet, T. 1979. La pêche artisanale dans la retenue artificielle d'Ayamé (Côte d'Ivoire). Bois et forêts des Tropiques, 185.

Yte, W.A. 1985. Peuplement zooplanctonique des étangs de l'Institut des Savanes (Côte d'Ivoire). Inventaire faunistique. IDESSA, Notes et techniques.

N'Douba, V., Kouassi, N., Yte, W.A. 1986. Structure de population et croissance de Thermodiaptonus yabensis (Copepode, diaptomide) des étangs de l'Institut des Savanes de Bouaké (Côte d'Ivoire). Ann. Univ. Abidjan, Série E, XVIII.

Opérations de développement

Morissens, P. 1979. Proposition d'un système d'exploitation pour la pisciculture de Tine. CTFT, Côte d'Ivoire.

Divers

Petel, C., Planquette, P. 1975. Quelques aspects de l'utilisation de la pêche à l'électricité en étangs de pisciculture tropicale. Notes et documents sur la pêche et la pisciculture, 11.

Raugel, B. 1980. Culture intensive de zooplancton par piégeage lumineux. Notes et documents sur la pêche et la pisciculture, 20.

POTENTIALITÉS PISCICOLES DES ÉCOSYSTÈMES FLUVIO-LACUSTRES DE LA CÔTE D'IVOIRE

Kassoum Traore
Institut d'écologie tropicale, Laboratoire d'hydrobiologie
B.P. 109, Abidjan, Côte d'Ivoire

Résumé *Chaque année, la Côte d'Ivoire dépense environ 17 milliards de F CFA pour importer des poissons frais et congelés afin de combler le déficit entre la production et la consommation nationales de poissons. Pour réduire ce déficit et satisfaire la demande croissante qui est en rapport avec la croissance démographique, d'une part, et assurer une situation stable à long terme, d'autre part, il importe que désormais un accent particulier soit mis sur les solutions dont on pourra maîtriser tous les paramètres en privilégiant notamment le développement de la pêche et de la pisciculture. Pour ce faire, la Côte d'Ivoire dispose de nombreux atouts, incluant son important réseau hydrographique. En ce qui concerne les eaux continentales, l'Institut d'écologie tropicale d'Abidjan exécute un programme de recherches hydrobiologiques qui vise trois objectifs :*

- *mieux faire connaître les ressources piscicoles disponibles;*
- *identifier et définir les caractéristiques biologiques et écologiques des ressources exploitables par la pêche;*
- *recenser les ressources naturelles aquacultivables.*

Abstract *Each year, Ivory Coast spends approximately 17 billion FCFA to import fresh and frozen fish to fill the gap between national production and consumption of fish. To reduce the gap (deficit) and satisfy the increasing demand that goes with demographic increases, and to ensure a stable situation over the long term, it will be necessary to place particular emphasis on a solution that will facilitate identifying all parameters involved in the development of fisheries and fish culture. In this regard, Ivory Coast has many advantages, including an important hydrographic network. For inland waters, l'Institut d'écologie tropicale (Institute for Tropical Ecology) of Abidjan has a hydrobiological research program that has three objectives:*

- *to make known all of the fish culture resources available*
- *to identify and define the biological and ecological characteristics of exploitable fishery resources*
- *to inventory all natural fishery resources*

Le réseau hydrographique ivoirien

Le réseau hydrographique ivoirien comporte trois types de bassins : les grands bassins, les bassins côtiers et les sous-bassins, ainsi que les lacs de barrage.

Les grands bassins

Les grands bassins fluviaux sont constitués par cinq grands fleuves orientés du nord au sud et qui sont, d'est en ouest :

- la Comoé (1 160 km), grossie de la Leraba;
- le Bandama (1 050 km), qui reçoit le N'zi (725 km) en rive droite et la Marahoué (550 km) en rive gauche;
- le Sassandra (840 km), qui est grossi de la Boa, de la Férédougouba et du Bafing sur sa rive gauche, et du Davo et de la Lobo en rive droite;
- le Cavally (700 km), qui constitue la frontière méridionale avec le Libéria et qui reçoit le N'zé, la Hana et la Néka;
- la Nipoué (ou Nuon), dont une partie seulement coule en territoire ivoirien, la majeure partie du cours étant au Libéria.

Les bassins côtiers

Les bassins côtiers sont constitués d'une dizaine de petits fleuves côtiers orientés nord-sud, dont le plus puissant est la Bia.

Les sous-bassins

Les sous-bassins du Niger regroupent les fleuves septentrionaux, qui sont les affluents du fleuve Niger, orientés du sud vers le nord, et qui coule vers le Mali. Il s'agit de la Bagoué, du Gbanhala et du Baoulé.

Les lacs de barrage

La Côte d'Ivoire possède cinq lacs de barrages hydroélectriques et une cinquantaine de lacs de barrage agropastoraux, totalisant un plan d'eau d'environ 300 000 ha. On peut citer le lac de Kossou (700 km^2), le lac de Buyo (600 km^2), le lac Ayamé (160 km^2), le lac Taabo (70 km^2), et le lac de Faé (50 km^2).

Composition du peuplement piscicole

Les études ichtyologiques réalisées par Daget et Iltis (1965), par l'ORSTOM (1974-1981), et par l'Institut d'écologie

tropicale (1980-1987) ont permis de recenser 130 espèces d'origine continentale appartenant à 65 genres et à 25 familles dans les eaux fluvio-lacustres de Côte d'Ivoire : 97 espèces dans le Bandama, 93 dans la Comoé, 77 dans le Sassandra, 63 dans le Cavally, 61 dans le Nipoué, 43 dans la Bia, 49 dans la Mé, 60 dans l'Agnéby, 45 dans le Boubo, 32 dans le San-Pédro, 20 dans la Néro, 23 dans la Dodo, et 20 dans le Tabou.

Les principales familles présentes en Côte d'Ivoire peuvent être subdivisées en six groupes :

- le groupe des familles propres à l'Afrique : Protopteridae, Polypteridae, Mormyridae, Gymmarchidae, Malapteruridae et Mochokidae;
- le groupe des familles afro-asiatiques : Channidae, Mastacembellidae, Notopteridae, Bagridae, Clariidae et Anabantidae;
- le groupe des familles communes aux régions tropicales de l'Afrique, de l'Amérique et de l'Asie : Osteoglossidae, Schilbeidae, Cichlidae, Amphiliidae et Cyprinodontidae;
- les familles représentées en Afrique et en Amérique tropicale : Characidae, Hepsetidae, Citharinidae et Distichodontidae;
- le groupe des familles communes à l'Afrique, l'Europe et l'Asie : Cyprinidae;
- le groupe des familles d'origine marine : Centropomidae, Clupeidae et Tetrandontidae.

Ressources halieutiques exploitables

Sur les 130 espèces recensées, seulement une cinquantaine présentent un intérêt économique certain, dont une vingtaine d'espèces sont connues uniquement dans les affluents du Niger. Dans les cours moyens et supérieurs de la Comoé, du Bandama et du Sassandra, ce sont les poissons de la famille des Characidae, notamment les Alestes, qui sont les plus abondants, tandis que dans les cours moyens et supérieurs du Cavally et de la Nipoué, ce sont Schilbe mandibularis et Brycinus nigricaudas qui prédominent.

Dans les lacs de barrage, Oreochromis niloticus et Heterotis niloticus, deux espèces introduites, représentent plus de 60 % de la production des pêcheurs commerçants. D'une manière générale, une quinzaine d'espèces figurent constamment dans les captures des pêcheurs et représentent au moins 5 % de leur production. Il s'agit de Lates niloticus, représentant unique de la famille des Centropomidae. C'est une espèce soudanienne, appelée communément Capitaine d'eau douce, qui est présente dans les régions soudanien-

nes du Bandama, du Sassandra et de la Comoé. Elle est totalement absente dans les cours d'eau situés en zone forestière.

Nous avons classé ces poissons en quatre groupes :

- le groupe des poissons fréquemment capturés et dont la biomasse représente plus de 5 % de la production des pêcheurs (Tableau 1);
- le groupe des poissons accessoirement capturés et représentant moins de 5 % de la production des pêcheurs (Tableau 2);
- le groupe des espèces de petite taille, non capturées par les engins utilisés habituellement par les pêcheurs (Tableau 3);
- le groupe des poissons endémiques à la Côte d'Ivoire (Tableau 4).

Les inventaires des peuplements ichtyologiques réalisés à partir des pêches expérimentales ont montré que, du point de vue numérique, ce sont les poissons de la famille des Characidae, notamment avec Alestes baremoze, Brycenus macrolepidotus, Brycinus nurse et Brycinus imberi, qui sont les plus abondants dans la Comoé, le Bandama et le Sassandra, tandis que dans le Cavally et la Nipoué, le Schilbe mandibularis et le Bryanus nigricauda prédominent.

Il faut, cependant, noter que la pêche est devenue véritablement une activité lucrative rentable dans les eaux fluvio-lacustres ivoiriennes, à cause surtout de l'effet bénéfique de l'introduction des deux espèces Oreochromis niloticus et Heterotis niloticus, qui représentent de 60 à 70 % de la production des pêcheries commerciales.

Un examen des captures réalisées par les pêcheurs commerçants montre que les espèces les plus abondamment pêchées sont Oreochromis niloticus, Heterotis niloticus, Lates niloticus, Chrysichthys nigrodigitatus, Chrysichthys maurus, Labeo coubie, et Sarotherodon galilaeus. Cela est surtout dû à la sélectivité des engins de pêches utilisés par les pêcheurs et au fait que la valeur marchande des poissons de la famille des Chariicidae reste très en deçà des espérances des pêcheurs.

Il est à noter que la pression accrue, exercée par les pêcheries traditionnelles sur les lacs, et surtout la sélectivité des engins de pêche orientée vers une pêche de plus en plus meurtrière pour les quatre premières espèces énumérées ci-dessus, laissent présager des lendemains moins prometteurs.

Il apparaît donc plus que nécessaire qu'une attention plus soutenue soit accordée à certaines espèces locales en vue de leur élevage. Nous pouvons citer :

Tableau 1. Captures les plus fréquentes (plus de 5 % du poids total).

Espèces	Lac de Kossou	Lac de Buyo	Lac d'Ayame	Lac de Taabo
Mormyridae				
Mormyrops anguilipides	+	+	+	+
Mormyrus rume	++	+	+	+
Characidae				
Alestes baremoze	+++	++	++	++
Brycinus macrolepidotus	++	++	++	++
Hydrocynus forskahlii	++	+	–	+
Brycinus nurse	++	+	+	++
Brycinus imberi	++	+	+	++
Cyprinidae				
Labeo coubie	+	+	–	+
Bagridae				
Chrysichthys nigrodigitatus	+++	+++	++	++
Chrysichthys maurus	+++	+++	+++	++
Schilbeidae				
Schilbe mandibularis	++	++	++	++
Schilbe mystus	+	+	–	–
Mochokidae				
Synodontis schall	+++	+	+	++
Synodontis bastiani	++	+	+	+
Synodontis punctifer	–	+++	–	–
Synodontis koensis	–	+++	–	–
Cichlidae				
Oreochromis niloticus	+++	+++	+++	+++
Sarotherodon galilaeus	++	–	+	+
Tilapia zillii	++	++	++	++
Hemichromis fasciatus	++	++	++	++
Osteoglossidae				
Heterotis niloticus	+++	+++	+++	+++
Cyariidae				
Heterobranchus isopterus	++	++	+	++
Heterobranchus longifilis	+	+	–	+
Clarias anguillaris	+	–	–	+
Centropomidae				
Lates niloticus	+++	+	–	+
Polypteridae				
Polypterus endlicheri	++	+	–	+

Tableau 2. Espèces accessoirement capturées (< 5 %).

Espèces	Lac de Kossou	Lac de Buyo	Lac d'Ayamé	Lac de Taabo
Notopteridae				
Papyrocranus afer	+	+	+	+
Mormyridae				
Petrocephalus bovei	+++	+	–	+
Marcusenus ussheri	+++	++	+	++
Marcusenius senegalensis	++	+	–	+
Marcusenius furcidens	++	+	–	+
Mormyrus hasselquisti	+	–	–	+
Characidae				
Brycinus longipinnis	+	+	++	+
Cyprinidae				
Labeo senegalensis	++	+	–	+
Labeo parvus	++	+	+	+
Barbus waldroni	+	+	–	+
Varichorinus wurtzi	+	–	+	+
Raïamas senegalensis	+	+	+	+
Raïamas nigeriensis	+	+	+	+
Bagridae				
Auchenoglanis occidentatis	+	+	–	+
Malapteruridae				
Malapterurus electricus	+	+	+	+
Cithaninidae				
Citharinus eburneensis	+	–	–	–
Distichodontidae				
Distichodus nostratus	+	+	+	+
Clariidae				
Clarias gariepinus	+	–	–	+
Cichlidae				
Hemichromis bimaculatus	++	++	++	++
Chromidotilapia guentheri	+	+	+	+
Amabantidae				
Otenopoma kingsleyae	+	+	–	+
Channidae				
Carachanna obscura	+	+	–	+
Mastacembelidae				
Mastacembelus nigromarginatus	+	+	+	+
Hepsetidae				
Hepsetus odoe	+	+	+	+
Protapteridae				
Prototerus annectens	+	–	–	–

Tableau 3. Espèces de petite taille non capturées par les engins utilisés habituellement par les pêcheurs.

Espèces	Lac de Kossou	Lac de Buyo	Lac d'Ayame	Lac de Taabo
Clupeidae				
Fellonula alzeluisi	+++	+	+	+
Characidae				
Meralistes occidentalis	++	–	–	+
Rhabdalestis eburneensis	+	–	–	+
Distichodontidae				
Neolebias unifasciatus	+	+	+	+
Nannocharase fasciatus	+	+	–	+
Citharinidae				
Barbus macrops	++	+++	–	+
Barbus trispilas	++	+	+	+
Barbus sublineatus	+	+	+	+
Barbus bobbr	–	+	–	–
Mochokidae				
Chiloglanis occidentalis	+	+	–	+
Clariidae				
_____	+	+	+	+

Tableau 4. Espèces endémiques à la Côte d'Ivoire.

Espèces	Lac
Mochokidae	
Synodontis punctifer	Sassandra
Synodontis koensis	Sassandra
Synodontis comoensis	Comoé
Synodontis waterloti	Nipoué
Characidae	
Rhabdalestes eburneensis	Cavally
Brycinus nigricauda	Nipoué
Bagridae	
Chrysichthys johnelsi	
Cichlidae	
Sarotherodon tournieri	Cavally
Tilapia cessiana	Cavally
Tilapia walteri	Cavally
Tilapia dageti	Bandama, Sassandra
Cyprinidae	
Labeo alluaudi	Nipoué
Barbus parawaldroni	Cavally
Clariidae	
Clarias ebriensis	

° Sarotherodon galilaeus, qui était connu sous le nom de Tilapia galilaea - C'est un poisson qui a approximativement les mêmes caractéristiques biologiques qu'Oreochromis niloticus. C'est un planctonophage qui affectionne les zones sableuses et qui se reproduit toute l'année. Ces caractéristiques organoleptiques en font une espèce très recherchée par les consommateurs.

° Tilapia zillii - C'est l'espèce la plus répandue dans les eaux douces ivoiriennes. C'est une espèce indifférente qui se rencontre aussi bien en Savane qu'en forêt et qui colonise les bassins des fleuves et les eaux stagnantes. Il a un régime alimentaire non spécialisé à tendance herbivore. Malheureusement, il a le désavantage d'une croissance très lente. Les spécimens de 500 g sont rares.

° Labeo coubie - Des quatre espèces de Labeo présentes en Côte d'Ivoire, Labeo coubie est l'espèce la plus fréquemment rencontrée. C'est aussi le plus grand Labeo d'Afrique occidentale, pouvant atteindre 15 kg dans les grandes masses d'eau, notamment dans le Lac de Kossou. C'est une espèce soudanienne qui vit le plus souvent sur fond rocheux.

° Heterobranchus isopterus et Clarias anguillaris - Ce sont des poissons de grande taille appartenant à la famille des Clariidae, qui vivent aussi bien dans les grands cours d'eau que dans les petites retenues d'eau stagnante. Ce sont des poissons omnivores qui consomment à peu près autant de poissons que d'invertébrés aquatiques et de végétaux terrestres. Ils effectuent leur reproduction en saison de pluie, et la ponte a lieu dans les cours supérieurs des marigots et dans les zones marécageuses. Ce sont des poissons caractérisés par une croissance rapide et qui peuvent atteindre ou même dépasser 20 kg. Ces deux espèces se différencient par la présence ou non d'adipeuse. Au niveau des habitudes alimentaires, ces poissons, appelés silures ou encore poissons noirs, constituent un tabou dans la région du centre et au nord de la Côte d'Ivoire.

° Synodontis (Mochokidae) - Ce genre de poissons est représenté en Côte d'Ivoire par dix espèces, dont quatre sont confinées dans les sous-bassins du Niger. Les deux espèces les plus fréquentes sont Synodontis schall et Synodontis bastiani, qui ont un régime alimentaire très varié et qui se reproduisent dans les zones inondées, en période de crue.

° Distichodus mostratus - C'est une espèce soudanienne qui peut atteindre plus de 5 kg. Son biotope préférentiel est constitué par les fiefs profonds. C'est un macrophage dont la nourriture de prédilection est constituée de macrophyte, mais qui peut devenir détritivore quand les végétaux supérieurs font défaut. Il se reproduit entre juin et septembre.

- Lates niloticus - C'est le plus gros poisson d'eau douce de Côte d'Ivoire, atteignant parfois 60 à 70 kg au Lac de Kossou. C'est aussi le poisson le plus recherché à cause de l'excellence et de la finesse de sa chair sans arête. Il est présent dans les zones soudaniennes du Bandama, du Sassandra et de la Comoé. Les individus géants se rencontrent toujours dans les fosses les plus profondes des fleuves. Il est très sensible au manque d'oxygène.

- Chrysichthys nigrodigitatus - C'est une espèce qui colonise toutes les eaux fluviolacustres. Elle affectionne les zones calmes et peu profondes, et fréquente les couches d'eau peu oxygénées. Sa croissance est fonction de la disponibilité et de la qualité des aliments. L'intérêt alimentaire et l'importance économique de cette espèce suscitent le développement de son élevage.

Références

Daget, J., Iltis, A. 1965. Poissons de Côte d'Ivoire (eaux douces et saumâtres). Mém. Inst. Franç. Afr. Noire, 74, 385 p.

SOCIOECONOMIC STUDIES

ÉTUDES SOCIO-ÉCONOMIQUES

ASPECTS ÉCONOMIQUES DE LA PRODUCTION PISCICOLE EN ÉTANG : L'EXPÉRIENCE DE LA PISCICULTURE RURALE AU CENTRE OUEST ET AU CENTRE DE LA CÔTE D'IVOIRE

C. Koffi
Projet pisciculture en milieu rural, Division piscicole
B.P. 143, Abengourou, Côte d'Ivoire

Résumé *Face à une augmentation de la demande pour le poisson et à une production nationale plus ou moins stable depuis 1980, la Côte d'Ivoire met beaucoup d'efforts dans le développement de la pisciculture. L'objectif de la présente étude est d'établir la rentabilité des différents types de systèmes piscicoles pratiques dans les eaux continentales de la Côte d'Ivoire. Sept types ou modèles de pisciculture ont été définis, caractérisés par le type d'aliment utilisé (aliment 3A ou son de riz); la fertilisation (compostière, lisier de porc, aucune); élevage monosexe de tilapia en combinaison avec un prédateur ou élevage de tilapia de sexes mixtes sans prédateur; encadrement dense ou léger. Des indices économiques et financiers ont été calculés pour chacun des sept modèles. La rentabilité est maximale dans les exploitations plus intensives, basées sur tilapia monosexe avec prédateur et sur l'utilisation régulière d'un aliment; les exploitations extensives (tilapias sexes mixtes, alimentation irrégulière) opèrent souvent en déficit. L'utilisation de lisier de porc comme engrais accroît les rendements et la rentabilité.*

Abstract *Faced with a growing demand for fish, and with a national fishery production which has not increased since 1980, Côte d'Ivoire is presently investing considerable effort in the development of fish culture. The objective of the present study was to examine the profitability of the different fish culture systems used in the inland waters of Côte d'Ivoire. Seven types or models of fish culture systems were defined, characterized by the type of feed used (3A feed or rice bran); fertilization (compost, pig manure, or none); monosex tilapia in association with a predator or mixed-sex tilapia without predator; extension support intensive or light. Financial and economic indices were calculated for each of the seven models. Profitability was maximal for more intensive culture systems, based on monosex tilapia with predator and regular feeding; more extensive culture (mixed-sex tilapia, irregular feeding) frequently operated at a loss. Use of pig manure as fertiliser increased yields and profits.*

Problématique

Les pêches sont une des variantes essentielles de la politique ivoirienne de sécurité alimentaire orientée depuis 1980 vers l'augmentation de la production vivrière. Cinquante-six pourcent de la consommation de protéines animales sont d'origine piscicole. Or, en raison de contraintes multiples, la production des pêches fluctue autour de 100 000 t/an depuis 1980. Parallèlement, la demande nationale en poisson est en croissance sur la même période. Elle était de 182 423 t en 1985. Aussi, la Côte d'Ivoire est-elle conduite à importer massivement des poissons congelés pour combler le déficit.

Pour freiner ces importations et résoudre l'épineux problème d'approvisionnement du marché en poisson frais dans le temps et dans l'espace, la pisciculture pourrait constituer une solution si elle s'avérait financièrement et économiquement rentable. De fait, des efforts en vue du développement de la pisciculture semblent s'être intensifiés ces dernières années à travers deux projets de développement :

- le Projet d'aquaculture lagunaire, basé au CRO à Abidjan;
- le Projet de développement de la pisciculture en milieu rural continental, basé à Bouaké.

Une gamme diversifiée de systèmes piscicoles est vulgarisée par le Projet de développement de la pisciculture en milieu rural. La dimension socio-économique de ces systèmes demeure cependant mal explorée. Des recherches s'avèrent donc nécessaires pour saisir les déterminants de l'augmentation de la production piscicole en étang.

Une variable importante pour les pisciculteurs est l'intensité de l'encadrement offert par les services gouvernementaux. Nous avons considéré trois niveaux et types d'encadrement dans la présente étude.

Modes d'encadrement des pisciculteurs

L'encadrement léger

Ce type d'encadrement est assuré par les services du Projet de développement de la pisciculture en milieu rural. Le suivi n'est pas très assidu dans la plupart des cas. Généralement contraints par le temps et les moyens matériels et financiers mis à leur disposition, les encadreurs ont du mal à assurer simultanément le suivi intense des pisciculteurs déjà installés et la création de nouvelles vocations.

L'encadrement dense PAPUCD

Le PAPUCD (Programme agricole périurbain de la Commune de Daloa) a, en son sein, une cellule de pisciculture. L'encadrement

des pisciculteurs est assuré par un ingénieur agronome de l'Association française des volontaires du progrès.

Le PAPUCD fait crédit à ses pisciculteurs. Le taux d'intérêt nominal est nul. Le crédit est modulé en fonction de la catégorie sociale des pisciculteurs prioritaires. Le suivi est très régulier du fait, notamment, du nombre restreint des pisciculteurs encadrés et de l'importance relative des moyens matériels, financiers et humains engagés. Le suivi comprend plusieurs phases, dont la première est très intensive (2 à 3 visites par semaine pour «apprécier» la motivation du pisciculteur qui sollicite l'encadrement. En outre, le PAPUCD organise deux séminaires de formation pour pisciculteurs par an.

L'encadrement dense «pisciculteurs témoins»

Les pisciculteurs témoins bénéficient d'un encadrement dense du Projet de développement de la pisciculture en milieu rural. Le but du programme «Pisciculteurs témoins» est de développer un cadre de pisciculteurs performants et motivés, qui pourront à la fois fournir des données sur les rendements optimaux de la pisciculture et agir comme modèles ou formateurs pour les autres pisciculteurs. Ils sont choisis parmi les plus prometteurs des pisciculteurs à encadrement léger ou PAPUCD. Ils doivent justifier d'une motivation et d'un nombre d'étangs permettant une exploitation en système d'élevage monosexe de tilapia. En revanche, le Projet leur octroie une subvention en matériel d'exploitation (seine, peson, épuisette, filet).

Objectifs de la recherche

L'objectif principal de cette recherche est de déterminer la rentabilité économique et financière des systèmes de pisciculture susceptibles d'être vulgarisés. De manière spécifique, il s'agit d'inventorier les différents systèmes piscicoles, évaluer et comparer leur rentabilité financière et économique, évaluer la rentabilité des différents types d'encadrement, et déterminer les contraintes en facteurs des systèmes.

Méthodologie

Définition de modèles

Afin d'étudier les différentes variables influençant la performance des pisciculteurs, nous avons défini sept modèles de pisciculture combinant les variables encadrement, aliment, et élevage monosexe/sexes mixtes. Dans la discussion des résultats, il sera également question de l'effet de l'expérience et des différences entre les entreprises piscicoles dans les zones forestières et dans les savanes, sur la rentabilité de la pisciculture. Les modèles sont définis comme suit :

° M_1 Pisciculteurs témoins, Bouaké

Monoculture du tilapia sexes mixtes dans l'étang de géniteurs; alevins de tilapia mixtes en monoculture dans l'étang de prégrossissement : tilapia monosexe mâle et Clarias en polyculture dans l'étang de production. Aliment 3A. Fertilisation par compostière. Encadrement dense.

° M_2 Pisciculteurs témoins, Daloa

Tilapia sexes mixtes en monoculture dans l'étang de géniteurs; alevins de tilapia sexes mixtes et monoculture dans l'étang de prégrossissement; tilapia monosexe mâle et Clarias en polyculture dans l'étang de production. Aliment, son de riz. Fertilisation par compostière. Encadrement dense.

° M_3 Modèle PAPUCD

Tilapia sexes mixtes en monoculture dans l'étang de géniteurs; alevins de tilapia sexes mixtes en monoculture dans l'étang de prégrossissement; tilapia monosexe mâle et Clarias (ou autre prédateur) en polyculture dans l'étang de production. Aliment, son de riz. Fertilisation au lisier de porc. Encadrement dense.

Note : Les pisciculteurs pratiquant les systèmes M_2 et M_3 sont considérés comme des pisciculteurs témoins. De fait, ils sont encadrés par le PAPUCD, qui est une structure extérieure au Projet de développement de la pisciculture en milieu rural, sont aussi suivis par le Projet qui les considère comme pisciculteurs témoins du fait de leurs bonnes performances. Mais la spécificité du modèle PAPUCD par rapport à celui des autres pisciculteurs témoins nous a conduit, par souci d'éclectisme, à définir deux modèles différents.

° M_4 : Encadrement léger, Bouaké, élevage monosexe de tilapia. Aliment 3A.

° M_5 : Encadrement léger, Daloa, élevage monosexe de tilapia. Aliment, son de riz.

° M_6 : Encadrement léger, Bouaké, élevage mixte de tilapia. Combinaison d'aliment 3A; son de riz. (Observation : Alimentation irrégulière et insuffisante.)

° M_7 : Encadrement léger, Daloa, élevage mixte de tilapia. Aliment, son de riz. (Observation : Alimentation irrégulière et insuffisante.

Analyses économiques

L'analyse de la rentabilité économique et financière est faite grâce à une analyse des comptes (bilan et compte d'exploitation) et ratios (relations «input-output» et «input-input»; valorisation du travail familial, valorisation des fonds propres, et valorisation des actifs; ratios de liquidité et de solvabilité, etc.) Ces ratios sont, en outre, soumis à une analyse de sensibilité qui fait ressortir plusieurs scénarios tenant compte des éléments d'incertitude et de risques liés aux aléas naturels et économiques.

Le passage des comptes financiers aux comptes économiques implique trois corrections essentielles :

- conversion des prix financiers des biens en leur valeur économique;
- correction de change;
- élimination des transferts (remboursement du capital et intérêts, taxes et subventions).

La rentabilité des systèmes d'encadrement se perçoit à travers l'analyse du ratio coût-avantage. Les contraintes en facteurs s'apprécient par l'analyse en terme de besoins (des normes existent) et des disponibilités.

Pour mener à bien les analyses, un recours est fait à des données secondaires et surtout à des données primaires, recueillies à partir d'enquêtes auprès d'un échantillon de 104 pisciculteurs, dont 36 à Bouaké et 68 à Daloa. Les variables recueillies se rapportent pour l'essentiel aux entrées et sorties sur une période annuelle.

Analyse des résultats

Les critères de mesure de performance suivants ont été retenus et analysés :

- Ratio bénéfice-coût (R1) - Ce ratio permet d'apprécier la rentabilité des différents systèmes d'encadrement.

$$R_1 = \frac{AS}{CT}$$

(avantages supplémentaires)
(coût total de l'encadrement)

- Ratios de productivité moyenne des facteurs et relations input-input - Ce ratio permet d'apprécier l'importance relative des facteurs capital et travail dans les différents systèmes.

$\frac{K}{L}$: Intensité capitalistique

$\frac{L}{T}$: Temps de travail par unité de superficie

$\frac{K}{T}$: Investissement en capital par unité de superficie

$\frac{Q}{T} = \frac{Q}{L} \cdot \frac{L}{T} = \frac{Q}{K} \cdot \frac{K}{T}$: Productivité de la terre

$\frac{Q}{L} = \frac{Q}{T} \cdot \frac{T}{L} = \frac{Q}{K} \cdot \frac{K}{L}$: Productivité du travail

$\frac{Q}{K} = \frac{Q}{T} \cdot \frac{T}{K} = \frac{Q}{L} \cdot \frac{L}{K}$: Productivité du capital

L'analyse de la productivité moyenne des facteurs permet d'apprécier l'efficience des systèmes de production. Plus spécifiquement, l'analyse de la tendance des relations input-input (K/T, L/T) et des ratios de productivité des facteurs (Q/K, Q/L, Q/T) - en d'autres termes, l'inverse des coefficients de production - en fonction de la taille des fermes permet de vérifier l'hypothèse d'existence d'économies d'échelle.

° Ratios de valorisation des ressources contributives (valorisation du travail familial, valorisation des fonds propres, et valorisation des actifs). La rémunération de chacun des facteurs s'obtient en attribuant une charge à l'un des facteurs et en calculant la valeur résiduelle de l'autre, soit :

TRT : Taux de rémunération journalière du travail et de la gestion familiale
TRF : Taux de rentabilité des fonds propres
TRA : Taux de rémunération des actifs
BNE : Bénéfice net de l'exploitation, qui constitue la rémunération des ressources contributives globales (travail et gestion familiale, autre travail non rémunéré, fonds propres)
I : Intérêt net sur les fonds propres

I se calcule en appliquant aux fonds propres un taux d'intérêt (i) correspondant au coût d'opportunité du capital diminué du taux de croissance annuelle de la valeur des fonds propres. Le coût d'opportunité du capital est le taux d'intérêt accessible en investissant dans des secteurs alternatifs ayant des risques comparables.

Dans cette étude, nous avons estimé le coût d'opportunité du capital au taux d'intérêt bancaire sur la forme d'épargne la plus généralisée en milieu rural (i = 6,5 %). Par ailleurs, la valeur des fonds propres n'a pas connu une croissance sensible dans l'année.

COT (coût d'opportunité du travail familial) = s. TF

Le travail familial équivalent (TF) inclut le travail de l'exploitant et des autres actifs familiaux. Il est affecté d'un taux de rémunération (s) uniforme car ce travail est identiquement qualifié. Le taux (s) est le taux moyen de salaire agricole appliqué dans les régions considérées.

$$TRT = \frac{BNE - I}{TF}$$

$$TRF = \frac{BNE - COT}{FP}$$

$$TRA = TRF \cdot \frac{FP}{A} + COD \cdot D/A$$

TF : Travail familial (en jours)
FP : Fonds propres (solde du bilan)
A : Actifs (bilan)
COD : Coût de la dette ($\frac{\text{Intérêt}}{\text{Dette}}$)

Note : TRA = Le taux de rémunération des actifs est la moyenne pondérée de la rémunération des fonds propres et du coût de la dette. Les pondérations sont les parts respectives des fonds propres et de la dette dans l'actif.

La relation expérience-rentabilité permet d'apprécier les principaux facteurs de croissance de la production (maîtrise technologique, progrès en organisation).

° Ratios de liquidité, solvabilité et couverture.

$\frac{\text{Actif à CT}}{\text{Passif à CT}}$ Ratio de liquidité générale

$\frac{\text{Actif à MT}}{\text{Passif à MT}}$

$\frac{\text{Actif LT}}{\text{Passif LT}}$

$\frac{\text{Passif}}{\text{Solde du bilan (fonds propres)}}$

$$\frac{\text{Rémunération des actifs}}{\text{Montant des charges d'intérêts}}$$

$$\frac{\text{Produit}}{\text{Intérêt + remboursement de dettes}}$$

$$\frac{\text{Intérêt}}{\text{Dépenses d'exploitation}}$$

Analyse financière des résultats

Le Tableau 1 est un résumé des résultats de la présente étude.

Aux prix prévalant sur le marché des divers intrants et extrants, les performances des pisciculteurs peuvent s'apprécier à la fois en termes d'efficience, de rentabilité et de solvabilité.

Productivité des facteurs et relations input-input

L'analyse de la productivité moyenne des facteurs permet d'apprécier l'efficience des systèmes de production. Plus spécifiquement, l'analyse de la tendance des relations input-input (K/T, L/T) et des ratios de productivité des facteurs (Q/K, Q/L, Q/T). En d'autres termes, l'inverse des coefficients de production permet de vérifier l'hypothèse d'existence d'économies d'échelle.

De l'efficience des systèmes de production

Quel que soit le type d'aliment (3A ou son de riz) la productivité moyenne des facteurs (Q/K, Q/L, Q/T), les ratios K/T et L/T, ainsi que l'intensité capitalistique sont très faibles sur les fermes pratiquant l'élevage mixte (modèles M_6 et M_7). La faible productivité des facteurs s'explique par le faible rendement induit par la faible utilisation des intrants en capital et par le travail.

Sur les fermes pratiquant l'élevage monosexe, mais légèrement encadrées, la productivité des facteurs est certes supérieure à la productivité sur les fermes pratiquant l'élevage mixte, mais nettement inférieure à la productivité des facteurs sur les fermes utilisant l'élevage monosexe et bénéficiant d'un encadrement dense. Les fermes densément encadrées sont aussi celles où l'utilisation des facteurs de production est la plus intense, comme l'attestent les ratios K/T et L/T, et où l'intensité capitalistique et la productivité des facteurs sont les plus élevées.

La productivité du capital sur les fermes densément encadrées utilisant l'aliment 3A est plus faible que sur les fermes densément encadrées utilisant le son de riz. Cela tient au fait que l'augmentation de la productivité des facteurs terre et travail sur les modèles utilisant l'aliment 3A est consécutive à une utilisation intensive de l'aliment 3A, qui est un input en capital.

Tableau 1. Indices économiques de performance des modèles de pisciculture.

	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7
Bénéfice net d'exploitation (BNE)	173 415	171 430	642 780	68 575	22 350	105	- 1 715
X^t monétaire/are	12 230	12 245	22 430	5 745	2 750	20	- 345
Relations input-input							
K/L	1 942	482	140	1 400	535	1 420	810
L/T	5,75	5,82	6,25	5,3	3,9	2,51	1,79
K/T	11 185	2 805	875	7 375	2 095	3 565	1 450
Productivité moyenne des facteurs							
Q/T	21 820	16 240	23 895	13 990	5 545	4 255	1 752
Q/L	4 325	2 790	3 880	2 655	1 415	1 695	980
Q/K	1,95	5,8	27,3	1,9	2,6	1,2	1,2
Valorisation des facteurs							
TRT (rémunération journalière du travail et gestion familiale)	2 440	2 210	3 950	1 870	452	- 795	- 1 635
TRF (rémunération des fonds propres) (%)	43	37	38	22,6	8	- 1,2	- 3,5
TRA (rémunération des actifs) (%)	43	37	115	22,6	8	- 1,2	- 3,5
Ratios de liquidité et de solvabilité							
$\frac{ACT}{PCT}$	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
$\frac{AMT}{PMT}$	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
$\frac{P}{FP}$	1	1	2,5	1	1	1	1
$\frac{RA}{I}$	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
$\frac{I}{\text{Charges}}$	0	0	0	0	0	0	0
$\frac{\text{Produit}}{\text{Service de la dette}}$	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞

L'intensité capitalistique est relativement forte car l'intensité d'utilisation du travail (L/T) n'est pas significativement différente de la moyenne générale des modèles d'élevage monosexe densément encadrés (M_1, M_2, M_3) alors que K/T est relativement très élevé.

La productivité des facteurs K, L, T est relativement élevée pour le modèle d'élevage monosexe utilisant le son de riz comme aliment et la fertilisation au lisier de porc (modèle M_3 d'encadrement dense PAPUCD). Cette forte productivité des facteurs est due à l'augmentation des rendements par l'utilisation d'un fertilisant performant et gratuit.

Au total, dans ces systèmes piscicoles où la fourchette de variation des prix est très faible, les principaux déterminants de l'augmentation de la productivité des facteurs sont :

- l'intensification du travail et de l'utilisation des intrants;
- la performance technologique (élevage monosexe, association d'espèce, bonne fertilisation);
- la qualité de l'encadrement.

De l'existence d'économies d'échelles

Les résultats de l'analyse comparative des productivités sur les fermes classifiées sur la base du critère d'infériorité (supériorité) à la superficie moyenne des fermes de l'échantillon constituant le modèle ne permettent pas de conclure à l'existence d'économies ou de déséconomies d'échelle sur les modèles d'élevage monosexe de tilapia avec l'aliment 3A (modèle d'encadrement dense M_1) ou son de riz et fertilisation au lisier de porc (modèle M_3). Il en est de même pour le modèle d'élevage monosexe utilisant le son de riz comme aliment et bénéficiant de l'encadrement léger (modèle M_5).

Pour ces modèles d'élevage, en effet, l'intensité d'utilisation des facteurs (K/T, L/T) est identique, quelle que soit la taille des fermes. Il en est de même pour les productivités des facteurs.

Pour le modèle d'élevage monosexe bénéficiant de l'encadrement dense M_2, cependant, il semble y avoir des économies d'échelle pour le facteur travail, tandis que la productivité du capital est uniforme. La faible productivité du travail découle de la faible productivité de la terre sur les grandes fermes, elle-même induite par le faible investissement en capital (K/T faible).

Pour le modèle d'élevage monosexe utilisant l'aliment 3A et bénéficiant de l'encadrement léger (M_4), la productivité des facteurs terre et travail est plus élevée sur les fermes relativement grandes. La productivité du capital est uniforme. On note que l'intensité capitalistique est trois fois plus élevée sur les

grandes fermes car l'investissement en capital par unité de superficie y est très élevé.

Pour les modèles d'élevage mixte de tilapia (M_6 et M_7) qui, par ailleurs, bénéficient d'un encadrement très sommaire, il semble se dessiner un phénomène d'économies d'échelle qui confirme l'idée répandue selon laquelle les élevages mixtes non suivis et où l'apport d'aliment est aléatoire donnent de meilleurs résultats en élevage extensif sur de grandes superficies.

Rentabilité des systèmes de production

La rentabilité financière n'est pas établie sur la majorité des fermes piscicoles, comme l'atteste la faiblesse des ratios de valorisation des facteurs de production pour les modèles d'élevage mixte de tilapia. Les modèles M_6 et M_7, qui regroupent la majorité des pisciculteurs, donnent un produit monétaire net à l'are de 600 et 300 F CFA, respectivement. Le taux de rentabilité de fonds propres, qui égale le taux de rentabilité des actifs, tout comme le taux de rémunération journalière du travail et la gestion familiale sont faibles en raison de la négativité du produit monétaire net. Les multiples abandons se justifient par le manque de rentabilité.

Les pisciculteurs utilisant les techniques d'élevage monosexe obtiennent de meilleurs résultats.

Avec l'encadrement léger, le produit monétaire net/are est de 5 745 et 2 750 F CFA; le taux de rémunération du travail familial est de 1 070 et 452 F CFA; et le taux de rentabilité des fonds propres (qui égale le taux de rentabilité des actifs) est de 22,6 et 8 % pour les modèles M_4 et M_5, respectivement.

Avec l'encadrement dense, les résultats sont certes nettement meilleurs, mais ils doivent être appréciés avec relativité. En effet, les populations respectives bénéficiant de ce niveau d'encadrement sont faibles, d'où la faiblesse des échantillons. En outre, dans le cas spécifique du modèle PAPUCD (M_3), les trois pisciculteurs retenus dans l'échantillon sur la dizaine de pisciculteurs PAPUCD sont ceux dont l'installation est définitivement considérée comme performante.

Pour les modèles M_1, M_2 et M_3, respectivement, le produit monétaire net/are est de 12 230, 12 245, et 22 430 F CFA; le taux de rémunération du travail est de 2 440, 2 210, et 3 950 F CFA; le taux de rentabilité des fonds propres (qui égale le taux de rentabilité des actifs pour les modèles M_1 et M_2) est de 43, 43, et 328 %. Le taux de rentabilité des actifs est de 115 % pour le modèle M_3.

Il se dessine une corrélation positive entre le niveau d'encadrement et l'intensité d'utilisation du facteur travail des intrants (aliments et fertilisants), et l'efficience et la renta-

bilité des systèmes. En revanche, l'impact des différences d'environnement économique (supériorité du pouvoir d'achat des populations paysannes des zones forestières) et géophysique (permanence des sources d'eau en milieu forestier), considérées respectivement comme des facteurs probables de différenciation des prix et des rendements, n'est pas sensible. Dans les faits, la tendance est à l'égalisation des prix et des rendements.

L'égalisation du prix des intrants et extrants piscicoles

La demande et l'offre d'intrants piscicoles, en raison du niveau égal de développement de la pisciculture dans les deux zones, présentent des similitudes qui justifient la tendance à l'égalisation des prix.

L'offre d'intrants provient soit de l'atelier de fabrication de l'aliment 3A, dont le prix est administré et uniforme, soit des décortiqueurs de riz, également installés dans les deux régions. La fourchette de variation du prix du son de riz est sensiblement la même (entre 150 et 500 F CFA/sac de 100 kg). Le petit outillage de fabrication artisanale est généralement acheté sur les marchés urbains, où les conditions de commercialisation sont semblables.

Le poisson de pisciculture (tilapia) est confronté à une concurrence égale du tilapia de lac dans ces deux régions caractérisées par la proximité des zones de pêches sur le barrage de Kossou (Béoumi, à 45 km de Bouaké, et Bouaflé). De fait, la fourchette de variation du prix du poisson de pisciculture en fonction de la rareté relative est de 400 à 600 F CFA/kg de tilapia de taille supérieure à 170 g dans les deux régions. Le prix par kg de poisson de petite taille varie dans les mêmes proportions (entre 100 et 350 F CFA).

Facteurs liés aux rendements

Deux paramètres déterminent les rendements : la durée d'opérationnalité des étangs dans l'année et la croissance journalière du stock de poissons.

Sur les fermes des pisciculteurs densément encadrées, l'eau est en général permanente, même en zone de savane. En outre, l'aliment 3A, utilisé intensément par les pisciculteurs dans la zone de Bouaké, permet une croissance de poids de l'ordre de 0,7 à 1 g/j dans les élevages monosexes, comparativement à 0,5 g/j avec le son de riz dont l'utilisation est généralisée à Daloa. La meilleure performance de l'aliment 3A permet de raccourcir sensiblement la durée du cycle d'élevage et de lever la contrainte liée à la baisse du niveau d'eau pendant les périodes de sécheresse en zone de savane.

Pour le modèle PAPUCD, la fertilisation au lisier de porc permet, même en utilisant le son de riz, d'atteindre un taux de croissance moyen voisin du taux atteint avec l'aliment 3A. La conjugaison de la bonne croissance de poids et de la permanence de l'eau justifie le rendement élevé.

Les modèles d'élevage mixte M_6 et M_7 sont caractérisés par la négligence des activités. Le manque d'apport d'aliment et de fertilisant, combiné à la surpopulation, provoquent très rapidement l'arrêt de la croissance qui se manifeste par le nanisme conformément aux conclusions du modèle de Gordon et Shaefer.

Le modèle de Gordon et Shaefer établit, dans l'hypothèse d'un stock de poissons isolé (c'est le cas de l'élevage en étang), la relation entre le taux de croissance du stock (G) et le poids du stock (P).

$$G = aP\ (1 - P/K)$$

a : Taux de croissance maximum jamais atteint par le stock.
K : Environmental carrying capacity.

À la lumière de l'analyse de sensibilité, l'éventualité de rentabiliser les modèles de monoculture de tilapia de sexes mixtes est très improbable. En effet, la hausse de prix de 25 % ou de rendement de 30 %, ou la baisse des coûts de 40 % qui, ceteris paribus, rentabilisent ces systèmes, est quasiment irréalisable pour plusieurs raisons :

- Les risques de surpopulation et le phénomène de nanisme qui en découle sont très élevés dans ces systèmes d'élevage. Or, l'offre de poissons de petite taille trouve difficilement une demande. Les prix sont nécessairement faibles. Toute augmentation de prix contre les lois du marché ne pourrait, dans ce cas, que détourner les consommateurs vers des produits substituts.

- Une croissance des rendements de 30 % aussi est techniquement difficile à réaliser dans ces systèmes. Les élevages mixtes de tilapia ne peuvent être performants que dans les cas de polyculture de tilapia et espèces prédatrices associées avec une densité optimale.

- Une baisse des coûts de 40 % est une éventualité tout aussi improbable. Les coûts de construction d'étangs, essentiellement composés de travail salarié, ne peuvent baisser à ce point sans que le facteur travail ne se déplace vers des activités plus rémunératrices.

Pour les systèmes utilisant l'aliment 3A en particulier (modèle M_6), cet aliment est déjà fortement subventionné.

La rentabilité des modèles d'élevage monosexe, utilisant le son de riz, légèrement encadrés (M_5), peut s'accroître sensiblement grâce à une hausse des rendements de 10 %. Une augmentation des prix (10 %) risque de détourner les consommateurs vers des substituts. Une baisse des coûts de 20 % est difficilement envisageable.

La rentabilité des modèles d'élevage monosexe, utilisant

l'aliment 3A, légèrement encadrés (M_4), ne peut s'accroître qu'à la condition d'augmenter les rendements, ce qui est possiblement réalisable avec cet aliment nutritionnellement performant. Une augmentation des prix pourrait avoir des effets néfastes et une baisse des coûts ne pourrait être envisagée car l'aliment 3A est déjà fortement subventionné.

Le modèle M_3 (élevage monosexe : encadrement dense, PAPUCD - son de riz) résiste à de larges fluctuations de prix, rendements, coûts. En effet, même avec son prix inférieur à 10 % du prix observé, le modèle rentabilise les facteurs de production.

Le modèle M_2 (élevage monosexe : encadrement dense, pisciculteurs témoins - son de riz) demeure rentable avec une baisse de prix ou de rendement de 5 et 5 %, respectivement, ou une hausse de coûts de 10 %.

Le modèle M_1 (élevage monosexe : encadrement dense, pisciculteurs témoins - aliment 3A) est rentable avec une baisse de prix ou de rendement de 5 et 5 %, respectivement, ou une hausse de coûts de 15 %.

Au total, il se dégage de l'analyse de sensibilité que l'éventualité de mieux rentabiliser les modèles des pisciculteurs ne peut se réaliser que par l'entremise d'une augmentation des rendements. Cela paraît possible car les pisciculteurs peuvent tirer profit d'une meilleure organisation, une exploitation optimale des étangs (qui parfois ne sont occupés qu'à 50 % du temps), une meilleure maîtrise technologique.

Impact de l'expérience sur la rentabilité des systèmes et la productivité des facteurs

L'expérience conditionne deux principaux facteurs de croissance de la production piscicole : la maîtrise technologique et les progrès en organisation induits par l'acquisition de l'instinct d'éleveur. De ce fait, elle est théoriquement sensée influencer positivement la rentabilité.

La classification des pisciculteurs en fonction du critère d'expérience s'est faite en considérant comme débutants, d'une part, et expérimentés - donc, en principe, susceptibles de se passer de l'encadrement - et d'autre part, les pisciculteurs ayant moins et plus d'un an, respectivement, d'expérience piscicole au début de l'exercice. On notera que, pour le modèle PAPUCD, l'échantillon est composé de pisciculteurs relativement expérimentés.

Si les résultats confirment, pour les modèles M_1 et M_2, l'effet attendu de l'expérience sur la rentabilité et la productivité du capital, il n'en est pas de même pour les facteurs terre et travail, dont la rentabilité et la productivité sont identiques, quel que soit le degré d'expérience du pisciculteur (modèle M_2),

voire même plus élevées sur les fermes des pisciculteurs débutants (modèle M_1). On notera que le travail par unité de superficie est uniforme, quelle que soit l'expérience des pisciculteurs, tandis que l'investissement en capital par unité de superficie (K/T) est plus élevé sur les fermes des débutants. Les résultats semblent ainsi confirmer que les pisciculteurs expérimentés utilisent le facteur le plus limitant (le capital) de manière plus efficiente et en retirent une meilleure rémunération.

Pour le modèle M_5 (élevage monosexe : encadrement léger, son de riz), la productivité du travail et la valorisation des facteurs capital et travail sont meilleures chez les pisciculteurs expérimentés. La productivité des facteurs capital et terre est identique, quelle que soit l'expérience des pisciculteurs.

Pour les modèles M_6 et M_7, la légère supériorité de l'utilisation des facteurs capital et travail sur les fermes des pisciculteurs expérimentés entraîne une hausse (certes très faible) de la productivité et de la rentabilité des facteurs.

Les résultats infirment l'effet attendu de l'expérience sur la rentabilité et la productivité des facteurs pour le modèle M_4 (élevage monosexe : encadrement léger, aliment 3A). La productivité du capital est certes plus forte chez les pisciculteurs relativement expérimentés, mais la productivité des facteurs terre et travail, de même que la rentabilité du capital et du travail sont plus élevées sur les fermes des pisciculteurs débutants. On note la faiblesse de l'investissement en capital par unité de superficie sur les fermes des pisciculteurs expérimentés.

Au total, on note une complémentarité entre facteurs capital et travail, de sorte que l'intensification de l'utilisation d'un seul facteur n'a d'effet que d'en baisser la productivité et la rentabilité puisque l'autre facteur est limitant.

De la solvabilité des fermes

Les investissements piscicoles sont, en général, financés sur fonds propres, exception faite des pisciculteurs encadrés par le PAPUCD. Pour ces derniers, les fonds propres représentent 38,5 % des actifs. Le service de la dette est faible. Les fermes sont donc solvables.

Conclusion partielle

On peut déduire des résultats financiers que certains modèles de pisciculture sont rentables, donc vulgarisables. Ce sont, pour la production de tilapia, les modèles utilisant les techniques d'élevage monosexe avec l'aliment «issu de riz» ou «3A», en association avec des espèces prédatrices. L'intégration de la pisciculture à l'élevage de porcs permet une bonne fertilisation des étangs et accroît très sensiblement les rendements.

LARGE-SCALE RECONNAISSANCE SURVEY OF SOCIOECONOMIC CONDITIONS OF FISH FARMERS AND AQUACULTURE PRACTICES IN THE WEST AND NORTH WEST PROVINCES OF CAMEROON

B.P. Satia
Department of Fisheries, Ministry of Livestock, Fisheries and Animal Industries, Yaounde, Cameroon

P.N. Satia
École normale supérieure, University of Yaounde, Yaounde, Cameroon

A. Amin
Faculty of Letters and Human Sciences, University of Yaounde, Yaounde, Cameroon

Abstract *A total of 959 farmers - 903 males and 56 females - were identified in the West and North West provinces of Cameroon through a large-scale reconnaissance survey undertaken in the area in 1987. The average age of the farmers was 48 years, with a large concentration between the ages of 36 and 55 years. The population had an average of 15 years experience in aquaculture. All of the female farmers and 96% of the male farmers were married; 48% of the marriages were monogamous. The average number of children per farmer was six and the average household size was 12. Of the farmers surveyed, 70% were Christians, 20% were Moslems, and the rest practiced traditional religions or no identifiable religion. The social life-style of the farmers indicated a strong attachment to the extended family and a high affinity to fish farmers' associations.*

About 70% of the farmers had no formal education or training in trades. The lack of such training limited the farmers' occupational mobility, imposing on them predominantly traditional agro-pastoral activities of which fish culture - an introduced activity - was a small component.

The farmers owned 1269 ponds, or 1.3 ponds per farmer. The majority (75%) were diversion ponds and the average pond size was 307 m^2. About 95% of the producers were owners/operators. The main species cultured were Tilapia spp., Cyprinus carpio, and Clarias gariepinus in monocultures or polycultures. Eight farmers practiced integrated livestock-fish culture. Aquaculture stations were the main sources of fingerlings.

The existing pond technology indicated, among other things, that present production methods underutilize existing ponds - there

is an apparent apathy on the part of a sizeable segment of the population toward aquaculture - and that farmers' access to technical knowledge and management skills is not very satisfactory and farmers are facing problems regarding the availability of credit and seeds, as well as land and water rights.

The average gross annual income of the farmers was 490 000 FCFA, derived from crop production (280 000 FCFA), animal production (180 000 FCFA), and fish farming (30 000 FCFA). The low contribution of aquaculture to the gross annual income was attributed to the small size of the ponds, low average yields of 1138 kg/ha per year, and family consumption of 48% of production.

Policy implications are noted, and suggestions to increase and improve aquaculture production are provided.

Résumé *Nous avons recensé 959 agriculteurs, 903 hommes et 56 femmes, dans les provinces de l'Ouest et du Nord-Ouest du Cameroun au cours d'une vaste enquête réalisée dans ces régions en 1987. Ces agriculteurs, âgés en moyenne de 48 ans, sont surtout concentrés dans le groupe d'âge des 36 à 55 ans. Ils justifient d'une expérience de 15 ans en aquaculture. Toutes les femmes et 96 % des hommes sont mariés et 48 % des mariages sont monogames. Le nombre moyen d'enfants par agriculteur est de six, et la taille moyenne des familles est de 12 personnes. La proportion des chrétiens atteint 70 %, celle des musulmans est de 20 %, les autres pratiquant des religions traditionnelles ou ne pratiquant aucune religion identifiée. Le style de vie des agriculteurs laisse deviner leur grand attachement à la famille étendue et aux associations de pisciculteurs.*

Environ 70 % des agriculteurs recensés n'ont reçu aucun enseignement ni aucune formation professionnelle. Ce manque de formation limite leur mobilité professionnelle et leurs coûts de renonciation, les astreignant à des activités agro-pastorales traditionnelles parmi lesquelles la pisciculture, une activité introduite, n'occupe pas une grande place.

Les agriculteurs possèdent 1 269 étangs, soit 1,3 étang par personne. La majorité de ces étangs (75 %) sont des étangs de dérivation et leur superficie moyenne est de 307 m^2. Quatre-vingt-quinze pour cent des producteurs sont propriétaires des étangs qu'ils exploitent. Les principales espèces produites sont des tilapias, Cyprinus carpio et Clarias gariepinus, produits en mono ou en polyculture. Huit des agriculteurs ont intégré l'élevage du bétail et la pisciculture. Les stations d'aquaculture sont la principale source d'alevins.

La technologie actuelle de l'élevage en étang porte notamment à conclure ce qui suit : les méthodes actuelles de production n'utilisent pas les étangs existants à leur plein potentiel; on observe une certaine apathie de la part d'une importante portion de

la population à l'égard de l'aquaculture; les agriculteurs manquent de connaissances techniques et de méthodes de gestion et ils éprouvent par ailleurs des difficultés à obtenir les crédits et les produits d'ensemencement nécessaires ainsi que les droits d'utilisation des terres et de l'eau.

Le revenu brut annuel moyen des agriculteurs s'établit à 490 000 F CFA, et provient de la production végétale (280 000 F CFA), de l'élevage (180 000 F CFA) et de la pisciculture (30 000 F CFA). Le rôle mineur joué par l'aquaculture est attribuable à la petite superficie des étangs, aux faibles rendements moyens (1 138 kg/ha par année) et à la consommation par les membres de la famille qui atteint 48 % de la production totale.

Nous examinons la signification des résultats obtenus sur le plan politique et nous formulons des suggestions visant à accroître et à améliorer la production en aquaculture.

Introduction and purpose of the study

The aquaculture industry in Cameroon is essentially rural and its objectives are to increase fish supplies and provide supplementary and/or alternative employment, income, and nutrition to subsistence farmers. The Cameroonian government and international agencies have designed and implemented assistance programs to accelerate aquaculture development. However, many of the programs have shown a limited ability to reach the small-scale farmer and the potential of aquaculture to improve rural nutritional and income standards has only been slightly realized. This assertion is evidenced by the slow growth of aquaculture in the country, some 40 years after it was introduced, and by the fact that the sector's contribution to national fishery production is insignificant - about 300 t out of about 100 000 t (Mezainis and Satia 1975; SOGREAH 1982; Anonymous 1987a; FAO 1988).

The prevailing situation is unfortunate for the following reasons in particular:

- the country has considerable potential for aquaculture development (Satia 1980; SOGREAH 1982; Balarin 1985)
- fish supplies from natural sources, particularly the marine sector, are leveling off or even declining as limits to stock exploitation are reached, whereas the demand for fish continues to rise under the pressure of increasing population, urbanization, and income growth (MINEP/SEDA 1981; SATEC 1982; Anonymous 1987a; MINPAT 1987)

It is hypothesized that inadequate information/knowledge regarding the sociodemographic and socioeconomic conditions of the small-scale farmer - the target group for past assistance programs - is one of the reasons for the low adoption and utilization of

aquaculture technologies (Anonymous 1987b; Nash et al. 1987). The present study was undertaken to provide such information in the hope that it would be useful for planning and formulating future programs. Furthermore, the study was undertaken on the premise that an analysis of existing aquaculture systems and practices might facilitate understanding the technical and socioeconomic environments under which producers operate and into which improved technologies could be introduced. In particular, the study was undertaken to provide baseline information for an on-station and on-farm integrated aquaculture research and extension project, financed by the International Development Research Centre (IDRC) of Canada, in two provinces of Cameroon.

Study area

This study was limited to two of the 10 provinces of the country, namely the West and North West provinces, a densely populated and very important agricultural region (MINPAT 1987) (Fig. 1). Twenty-four percent of Cameroon's population - approximately 10 million - live in these two provinces, the surface area of which makes up only 18% of the total land area - approximately 475 000 km^2. Administratively, the West province has six divisions, namely Nde (72 644 inhabitants), Haut Nkam (111 719), Menoua (215 218), Bamboutos (165 825), Mifi (259 049), and Noun (211 142). The provincial capital, Bafoussam, is in the Mifi division. Although English and French are the country's official languages, the province is essentially Francophone. The North West province, which is basically Anglophone, has five divisions, namely Mezam (319 504 inhabitants), Momo (126 315), Mentchum (198 452), Donga-Mantung (184 516), and Bui (151 744). The provincial capital, Bamenda, is in the Mezam division (MINEP 1976).

On the basis of temperature, the West, North West, and Adamaoua provinces constitute the "temperate aquaculture zone" of Cameroon. The water temperature is about 18°C, as opposed to 20-25°C in the "mild aquaculture zone" of the Centre, East, South, and parts of the Littoral and South West provinces, or the greater than 25°C temperatures found in the "hot aquaculture zone" of the North and parts of the Littoral and South West provinces. Five aquaculture stations, five breeding centres, an aquaculture research station, and the only fisheries school in the country are located within the study area.

Agricultural production is centred on hand cultivation of a variety of food crops (corn, rice, cocoyams, potatoes, soybeans, vegetables, etc.) and on cash crops (mainly coffee and tobacco). Primary agricultural by-products are available and justify the presence of two functional animal feed mills in the region. In addition to two rural development specialization schools for cooperative and community development training, the region is endowed with a university centre at Dschang, which is responsible for training senior staff in plant and animal production. The region also has three agricultural schools (Bambui, Bafang, and

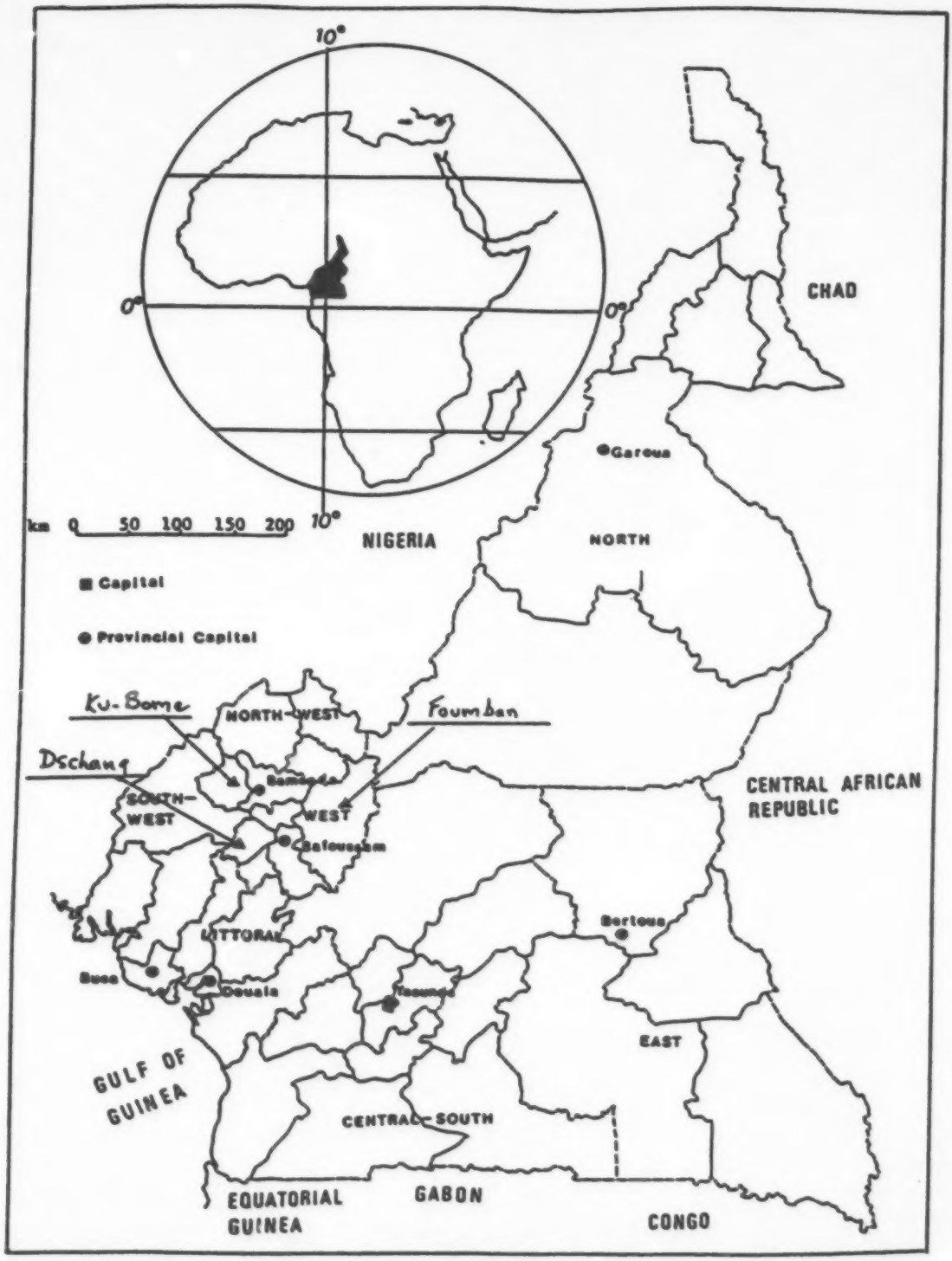


Fig. 1. Location and administrative map.

Nkambe) for training mid-level and low-level staff, and a network of agricultural research centres and stations located in the area. In addition, there are at least four parastatals, North West Development Authority (MIDENO), Wum Area Development Authority (WADA), Upper Noun Valley Development Authority (UNVDA), and the Rice Development Project of the Mbo Plains in Santchou (SODERIM), involved in agricultural development and extension in the region.

Animal production in the region is based on cattle and small livestock, including pigs, poultry, rabbits, sheep, and goats, which benefit from the presence of animal research centres and stations at Mankon, Bambui, and Bangangte; veterinary pharmacies at Bafoussam and Bamenda; and two livestock stations at Kounden and Bali, as well as several veterinary clinics and zootechnical centres. Furthermore, one of the two veterinary and zootechnical schools for training mid-level personnel in these disciplines is located in the study area at Jakiri, in the North West province.

Methodology

In this study, a fish farmer is defined as "one who owns one or more facilities for cultivating fish for human consumption." Data for the study were obtained through recall questionnaires, personal interviews, and record-keeping forms (Satia 1987) for all identified fish farmers in the study area. The questionnaire, with identical French and English versions, was designed so that

- information could be gathered on one or a series of production facilities (all of which are earth ponds) owned by a single farmer or a group of farmers
- information gathered could be analyzed using the micro version of the SPSS statistical package

The questionnaire contained 82 items made up of Likert-type items, open-form and closed-form questions, and classification-type questions, as well as space for additional comments by respondents and enumerators for purposes of catharsis. The questionnaire was field tested through a pilot study involving six aquaculture extension agents (enumerators) and six farmers in the study area - three farmers and three enumerators per province.

To ensure adequate coverage of the study area, farmers and administrative, political, and traditional authorities were sensitized through meetings, posters, radio, and individual contacts. This sensitization period lasted 6 months - 3 months before the field operation and throughout the data collection period. Furthermore, two separate 2-day workshops were held at the provincial headquarters - Bafoussam, for Francophones, and Bamenda, for Anglophones, at which 44 enumerators (aquaculture extension agents) and nine supervisors participated. During the workshops, the purpose of the survey was explained and techniques for

interviewing and data collection were discussed. The questionnaire was also studied in detail and possible ambiguities were explained. Each enumerator and supervisor was given a set of questionnaires, fuel, and writing materials.

The field operation (data collection) was conducted between July and September 1987, mostly through a single interview between an enumerator and a farmer at a time convenient for the farmer. There was no time limit set for the interview. In some cases, however, the interview was conducted over two visits. The supervisors and the authors oversaw the work of the enumerators, providing guidance where necessary.

In total, 959 questionnaires were returned, which were processed by a group of 24 third year social science undergraduates at the University of Yaounde who analyzed the information using the micro version of the SPSS statistical package.

Limitations of the study

This study was an extensive and total survey in which recall questionnaires, interviews, and record-keeping forms were the sources of information. Recall questionnaires and interviews are particularly susceptible to errors in quantifying farm inputs used and outputs attained. Other measurement errors can also occur if the interviewer or farmer fails to correctly delineate one input from another. Record-keeping forms were introduced as an extension tool in 1983 in an attempt to track pond inputs and outputs. However, owing to the high rate of illiteracy among farmers and to neglect by extension agents, some of the records were not properly kept. Furthermore, the basic unit of analysis was the fish farming household limited to the fish farmer alone.

In spite of these shortcomings, the care taken in developing the questionnaire, the workshops organized for enumerators and supervisors before field operations began, and the close supervision of enumerators, coders, and other workers involved in data analysis all probably helped to maintain a low margin of error. Interpretation of the results should be limited to the study area in question.

Results

Sociodemographic information

The survey identified 959 fish farmers in the study area: 512 in the West province and 447 in the North West province. There were 903 male (94.2%) and 56 female (5.8%) farmers. The average age of the population was 48 years, but individual ages ranged between 20 and 74 years. The percentage distribution of farmers by age group was as follows: 20-25 years, 6.5%; 26-35 years, 26%; 36-45 years, 29.2%; 46-55 years, 26.1%; and 56-74 years, 12.1% (Table 1).

Table 1. Number, age, and years of aquaculture experience of fish farmers in the West and North West provinces.

Division	Number of farmers				Age of farmers (years)							Experience in fish culture (years)						
	Male	Female	Total	In FFA*	<25	26-35	36-45	46-55	>55	Total	Missing cases	<5	6-10	11-15	16-20	>20	Total	Missing cases
Bamboutos	51	-	51	-	-	13	22	14	2	51	-	10	19	13	3	4	49	2
Haut Nkam	93	15	108	3(1)	3	31	24	28	8	94	14	21	54	14	4	1	94	14
Menoua	95	3	98	33(2)	8	25	30	25	8	96	2	35	45	6	1	5	92	6
Mifi	54	1	55	-	2	10	20	21	2	55	-	14	28	7	1	-	50	5
Nde	21	-	21	-	-	5	8	5	3	21	-	2	10	3	1	2	18	3
Noun	178	1	179	26(1)	9	36	55	47	31	178	1	81	44	17	14	12	168	11
Bui	122	8	130	104(4)	6	49	16	32	24	127	3	34	43	35	7	7	126	4
Donga-Mantung	51	5	56	50(1)	2	23	13	12	3	53	3	5	19	18	9	4	55	1
Mentchum	64	4	68	32(1)	21	7	14	13	9	64	4	25	33	4	1	5	68	-
Mezam	102	11	113	36(1)	5	24	38	29	11	107	6	38	18	27	11	13	107	6
Momo	72	8	80	22(1)	4	16	28	14	10	72	8	23	19	25	5	3	75	5
Total	903	56	959	306(12)	60	239	268	240	111	918	41	288	332	169	57	56	902	57
%	94.2	5.8	100	31.9	6.5	26.0	29.2	26.1	12.1	95.7	4.3	31.9	36.8	18.7	6.3	6.2	94.1	5.9

*Number of FFAs in parentheses.

All of the female farmers and 96% of the male farmers were married. Of the married male farmers, 48% were monogamous, 23% had two wives, 11% had three wives, and the rest had four wives. Five farmers, all traditional rulers, had between 20 and 60 wives. The average number of children per farmer was six, ranging from no children (2.8%) to well over 100 children (0.01%). However, the majority of the farmers (63.5%) had 3-9 children.

The proportion of the farmers who lived with only their nuclear family was 16.6%, whereas 83.4% had other persons (relatives or hired hands) in their homes. The average number of other persons in a household was four. In a monogamous home, the average household size was 12. Some 306 farmers (32%) belonged to one of the 12 fish farmers' associations (FFAs) in the area. The tendency to belong to a FFA was greater in the North West province, where 224 farmers (54.6%) in that province were members of eight FFAs, compared with 62 farmers (12.1%) being members of four FFAs in the West province. Furthermore, the affinity to the FFA was more pronounced in the Bui division, North West province, than in any other division, with 85% of the farmers in the Bui division being members of four FFAs. There were no FFAs in three divisions: Bamboutos, Mifi, and Nde (Table 1). With respect to religion, 70% of the farmers surveyed were Christians, 20% were Moslems, and the rest practiced traditional religions or no identifiable religion. The bulk of the Moslem population lived in the Noun and Mezam divisions.

Socioeconomic information

About 70% of the farmers had no formal education, and very few farmers had training in such trades as building or carpentry, although many of their houses were self-constructed. There were no full-time fish farmers, and aquaculture was not the main occupation of the fish farmers. Of the farmers surveyed, 31.9% had less than 5 years experience in fish culture, 55.5% had 6-15 years of experience, 8.5% had been involved in fish culture for 16-25 years, and 3.9% had practiced fish farming for more than 25 years.

In addition to growing fish, 41.6% of the farmers surveyed were involved in crop and animal production, 10.4% were government employees or parliamentarians, 4.1% were businessmen or traders, and 6.7% were carpenters, builders, tailors, etc. (Table 2). Only eight farmers combined animal (poultry, pigs, or rabbits) and fish culture.

In terms of crop production, coffee was a universal export crop grown by about 63.9% of the farmers, whereas 10.6% grew oil palm, 4% grew cacao, and 2% grew tobacco. A variety of food crops was grown in all of the divisions, whereas rice growing was widespread throughout the study area except in Haut Nkam, Mifi, and Donga-Mantung. The average area devoted to these crops was as follows: coffee, 3.3 ha; cacao, 3.0 ha; tobacco, 1.7 ha; palm oil, 2.3 ha; rice, 1.6 ha; and other food crops, 1.5 ha.

With regard to animal production, poultry, sheep, and goats were raised in all of the divisions; rabbits were raised in all of the divisions except Nde; and Noun was the only division in which none of the farmers raised pigs. Furthermore, whereas an average of 10 farmers per division in the North West province reported owning cattle, only seven farmers in the entire West province owned cattle. The animal herd per farmer was generally small: 11 pigs, 16.7 sheep/goats, 20.9 rabbits, 87.3 cattle, and 138 for poultry.

The average annual income for the agro-pastoral farmers was about 490 000 FCFA, derived from crop production (280 000 FCFA), animal production (180 000 FCFA) and fish farming (30 000 FCFA) (Table 2). (Note: At the time of the survey, 350 FCFA = 1 USD.)

All of the farmers surveyed owned at least one house and some furniture. The majority of the houses were mud-plastered buildings with corrugated zinc sheets. Some farmers also owned such durables as vehicles (10 farmers), motorcycles (22 farmers), bicycles (35 farmers), radio sets (567 farmers), and push-push farm carts (462 farmers). Portable water supply equipment was available in about 50% of the villages in the West province, and about 20% of the villages in the North West province were served with electricity. Primary schools were located in almost all of the villages in the area. There were also 104 secondary schools, 46 secondary technical schools, 18 hospitals, 32 health centres, 15 pharmacies, and 28 pro-pharmacies in the two provinces.

Groundnuts, beans, wild game, poultry meat, beef, small ruminants (sheep, goats, and rabbits), and fish were ranked by the farmers as the dominant protein foods in their diet. About 48% of the fish produced in ponds was consumed by farmers, their households, and relatives. The rest was readily sold at the pond site or at village markets. Although 94% of the farmers stated that they regarded fish as a fairly or very important source of protein, they added that it was in short supply. The survey did not generate enough data to permit delineating the standard of living of the farmers.

Distribution and ownership of ponds

The number of ponds identified in the study area totaled 1269 - 697 in the West province and 572 in the North West province. Of the 959 farmers surveyed, 735 owned one pond each, 151 owned two ponds each, 50 farmers owned three ponds each, and 23 farmers owned four ponds each. The average number of ponds per farmer was 1.3 (Table 3). Farmers owning two or more ponds generally used non-household labour or loans to build the second or subsequent ponds. About 95% of the producers were owners/operators.

Three types of ponds were identified in the area, namely diversion ponds (1009 or 75% of the total number of ponds), underground water ponds (211 or 16.6%), and barrage ponds (49 or 3.9%). The average pond size was 3[illegible]7 m^2, but ponds in the North West province were larger (400 m^2) than those in the West province

Table 2. Occupations: income source and its distribution among fish farmers in the West and North West provinces.

Location	Agriculture	Livestock	Agriculture and livestock	Government	Business	Others	Total	Mean annual income (FCFA)*			
								Crops	Livestock	Fish farming	Total
West province											
Bamboutos	26	-	10	7	3	5	51	332000	169000	16600	517600
Haut Nkam	52	5	6	10	5	15	93	329000	198000	33500	560500
Menoua	48	1	39	2	-	5	95	289000	190000	18000	497000
Mifi	9	2	31	5	3	5	55	271000	200000	14500	485500
Nde	11	1	5	3	-	1	21	326000	161000	35800	522800
Noun	98	1	41	22	6	7	175	256000	124000	11000	391000
Subtotal	244	10	132	49	17	38	490	-	-	-	-
North West province											
Bui	61	1	40	9	5	8	124	262000	159000	50700	471700
Donga-Mantung	34	-	6	5	3	4	52	303000	216000	18000	537000
Mentchum	1	10	44	8	-	1	64	246000	137000	21000	404000
Mezam	27	2	46	14	8	10	107	324000	246000	49500	619500
Momo	12	1	48	10	4	-	75	225000	209000	15000	449000
Subtotal	135	14	184	46	20	23	422	-	-	-	-
Total	379	24	316	95	37	61	912	-	-	-	-
% of population	41.6	2.6	34.6	10.4	4.1	6.7	100	-	-	-	-

* At the time of the survey, 350 FCFA = 1 USD.
Note: There were 47 missing cases.

Table 3. Distribution of ponds by type and area (m^2) in the 11 divisions.

Location/ division	Number of farmers	Type of pond			Total number of ponds	Average area (m^2)	Number of ponds per farmer
		Diversion	Barrage	Underground			
West province							
Bamboutos	51	54	3	10	67	153	1.31
Haut Nkam	108	138	6	8	152	449	1.41
Menoua	98	97	3	21	121	169	1.23
Mifi	55	48	-	33	81	160	1.47
Nde	21	30	3	-	33	123	1.57
Noun	179	195	6	42	243	200	1.36
Provincial	512	562	21	114	697	236	1.36
North West province							
Bui	130	166	7	6	179	326	1.38
Donga-Mantung	56	30	8	32	70	643	1.25
Mentchum	68	75	2	9	86	279	1.26
Mezam	113	100	8	40	148	464	1.31
Momo	80	76	3	10	89	282	1.11
Provincial	447	447	28	97	572	400	1.28
Study area	959	1009	49	211	1269	307	1.32

(236 m^2) (Table 3). Pond area was also a function of pond type and the average areas were as follows: barrage ponds, 1130 m^2; diversion ponds, 300 m^2; and underground water ponds, 150 m^2.

Pond engineering

Culturing of fish starts with the construction and preparation of the ponds, which were dug by hand (97% of the ponds) or using a bulldozer (3%), to a depth of 1-2 m. For hand-dug ponds, the principal sources of labour were family and household dependents (46.3% of the ponds), hired hands (35%), and meeting groups, friends, and FFAs (18.7%). The majority (62.4%) of the ponds were built on clay soils, 28% on sandy-clay soils, 5.2% on gravel soils, and 4.4% on sandy soils. About 25% of the ponds experienced seepage problems. Many ponds were located near the homes of the operators, with 52.2% within 1 km, 17% between 1 and 2 km, 3.5% between 2 and 3 km, and 1.7% at distances greater than 3 km from the home. The main reasons given for the location of ponds were the availability of suitable sites and a desire to avoid or reduce losses through theft. Although 79% of the ponds were completely drainable, only 28% of the ponds had draining devices; 22% were fitted with galvanized or plastic pipes or with bambous, whereas 5.3% had monks. Consequently, breaking the main dike was the principal method used to empty ponds for harvests.

About 36.5% of the identified ponds were constructed before 1975, whereas 27.7% were built between 1976 and 1980 and 35.8% were built between 1981 and 1987. Most ponds (90%) were dug within 6 months, either at the end of a wet season and stretching into the dry season or during the dry season and stretching into the early rains. Construction of 7% of the ponds, however, lasted about 1 year, with construction on 3% of the ponds lasting 30 months. Extension agents were the principal source of technical assistance, as 75% of the ponds were constructed under their guidance. Another 10% of the ponds were constructed by the prospective farmers on the advice of other farmers, whereas 14% were built without "expert" advice. Nevertheless, more than 80% of all ponds seem to have been well constructed.

The majority (87%) of the farmers used their personal resources to build their ponds; only 13% of the farmers indicated that they had obtained loans/credit to build their ponds. Meeting groups, commonly known as "Mjangai" in the North West province, or "Tontine" in the West province, were the main sources of credit, accounting for 78.5%. This was followed by friends and relatives (16.1%), commercial banks (3.4%), and the Rural Development Fund (FONADER) (2%). Of the farmers who obtained loans, 6% said the amounts were adequate and 80% of the beneficiaries reported that repayments were made regularly. However, 50 farmers stated that they had been unable to receive credit from formal sources (i.e., commercial banks and FONADER).

Procurement subsystem

The main species cultured were Tilapia spp. (68.5%), Cyprinus carpio (18%), and Clarias gariepinus (13.5%). Aquaculture stations were the source of about 60% of the fingerlings; the remainder, particularly Tilapia spp., was produced by the farmers. About 18% of the farmers were self-sufficient with respect to fingerlings and sold their excess crop to about 25% of their colleagues. Carp and Clarias fingerlings were produced only at aquaculture stations in the North West province; however, three farmers in that province also produced carp fingerlings through natural spawning in their ponds. Approximately 74% of the fingerlings obtained from aquaculture stations were transported in plastic bags by extension agents via their motorcycles. Farmers transported about 20% of the supplies, whereas station vehicles transported 6%. The mortality rate due to transportation was about 10%.

Only 10 of the farmers surveyed had nursery or holding ponds; therefore, fingerlings were placed directly into rearing ponds. Stocking rates varied from 1 fish/m^2 (48.4%) to 4 fish/m^2 (16.1%), with intermediate rates of 2 fish/m^2 (22.6%) and 3 fish/m^2 (12.6%). Fewer than 10% of the farmers prepared their ponds before stocking; this preparation was limited to drying the ponds after draining. In some cases, however, farmers also applied some undetermined quantities of lime to eliminate predators and other undesirable fauna. At the time the survey was undertaken, only 74% of the ponds were stocked.

Transformation subsystem

About 60% of the farmers surveyed practiced monoculture: Tilapia spp. (50%), carp (5%), and Clarias (3.4%). The rest practiced polyculture involving two or all three species. Ponds were managed primarily by the farmers and their families as follows: farmers, 87%; wife or wives, 5%; and children, 4.5%. Hired labour involvement was 3.5% for farmers with one or two ponds, but increased to 8.6% for those owning three or more ponds.

Management involved clearing the pond banks; composting (57% of the farmers) and feeding (70% of the farmers), using kitchen wastes, maize hullings, rice bran, and leafy vegetables; and the soaking of cassava tubers in ponds. Most farmers fed their fish only two or three times a week and the quantities of feed were very small. Similarly, composting was irregular and inadequate as only 40% of the ponds had any blooms. However, more than 90% of the farmers reported that they visited their ponds at least once a week. In this regard, 12.1% of the farmers reportedly visited their ponds once a week; 24.7% twice a week; 25.4% three or four times a week; and 32.5% five or six times a week. The other 5.3% did not visit their ponds at all. The time spent per visit ranged from 30 min (33.9% of the farmers) to 2 h (5.4%), with intermediate times of 30-60 min (47.5%) and 1-2 h (13.2%).

Delivery system

For the majority of the farmers (77.7%), the growing/culture period for fish was 5-12 months, but 14.5% of the farmers grew their fish for 12-24 months, and the culture period was more than 24 months for 7.8% of the farmers. Single/complete harvesting was adopted by 71% of the farmers; the rest adopted partial harvesting. Breaking of the principal dike was the most common technique used to drain ponds, followed by the removal of fish using either baskets or nets.

The average fish production was 1138 kg/ha per year. On average, farmers consumed 48% of fish production; the rest was sold at pond sites or at village markets at average gate prices of 425 FCFA/kg for Tilapia, 565 FCFA/kg for carp, and 575 FCFA/kg for Clarias. However, there were marked variations between the divisions for all three parameters: production, self-consumption, and prices (Table 4).

Farmers' opinion on aquaculture

For about 50% of the producers, fish farming is a difficult activity. Furthermore, a significant proportion (74%) of the producers stated that aquaculture is a lucrative activity, but less so than crop or animal production. Only 11% of the producers, including the eight farmers who practiced integrated livestock-fish culture, stated that fish farming was more lucrative than either crop or animal production. More than 80% of the farmers were satisfied with their aquaculture activities, a view that is confirmed by the large percentage of producers (88%) who indicated that they would like to build more ponds if land were available compared with the 12% who stated that they would abandon their ponds.

The producers identified nine main constraints to their activities (Table 5). These constraints are not universal, but are site specific. They fall into three categories:

- Man-made constraints, such as the lack of land and/or water, as well as theft - constraints that are imposed by the producers' peers.
- Biological constraints, e.g., the presence of predators and the shortage of fingerlings - constraints due, in part, to the fact that carp and Clarias in captivity do not reproduce easily in ponds or, if they do, not in a manner that is satisfactory to the aquaculturists.
- Constraints that have vestiges of man-made, social, and biological characters, such as the lack of feed and capital, insufficient technical assistance, and the high cost of fingerlings. No environmental constraints were identified by the farmers.

Table 4. Average production, self-consumption, and farm gate prices of aquaculture products in the West and North West provinces.

Division	Production (kg/ha per year)	Production consumed (%)	Average farm gate prices (FCFA/kg)[a]		
			Tilapia spp.	Carp	Clarias spp.
Bamboutos	1744	80.2	450	600	600
Haut Nkam	520	61.3	390	565	590
Menoua	1102	70.3	415	520	570
Mifi	1908	66.3	540	740	460
Nde	2915	44.1	500	-[b]	700
Noun	1085	60.3	415	320	530
Bui	2263	31.1	380	565	556
Donga-Mantung	160	51.4	415	440	600
Mentchum	848	9.2	540	650	640
Mezam	555	63.7	395	580	550
Momo	2338	33.7	420	590	605
Survey area	1138	48.5	425	565	575

[a] At the time of the survey, 350 FCFA = 1 USD.
[b] Species not cultured.
Note: Missing cases, 310 or 32.3%.

Table 5. Checklist of constraints to aquaculture development in the West and North West provinces.

Constraint	West province		North West province	
	Farmers (%)	Rank	Farmers (%)	Rank
Lack of fingerlings	6.1	7	13.7	3
Lack of/insufficient land	8.8	6	48.3	1
Inadequate water supply	10.9	4	8.9	4
Lack of/inadequate feed	3.9	8	5.3	5
Lack of capital	29.9	1	18.0	2
Insufficient technical assistance	0.5	9	1.9	6
High cost of fingerlings	17.2	2	0.5	8
Stealing of fish	12.5	3	1.7	7
Presence of predators	10.2	5	1.7	7

Self-evaluation of extension agents

More than 80 and 62% of the extension agents in the West and North West provinces, respectively, evaluated their work as extensionists to be either good or very good compared with the 16.6% (West province) and 31.9% (North West province) who felt it was fair. In addition, 3.4 and 6.1% of the extension agents in the West and North West provinces, respectively, evaluated their output to be weak or bad.

Discussion

Sociodemographic and socioeconomic conditions

The findings confirm reports that aquaculture is not "a male only activity" (Trottier 1987). Women who do not own ponds also participate in pond construction and pond management, indicating a complementarity of the division of labour in the village. Furthermore, women's involvement in aquaculture may also contribute to effective utilization of the production for family nutrition. This study revealed that about 48% of the production was consumed by the farmers, their households, and relatives.

The average age of the population approximates the national average for farmers, i.e., 47 years (MINPAT 1987). However, because a substantial proportion of the farmers were more than 36 years old and a small fraction were less than 25 years old, one could infer that

- Fish farming is becoming an activity for the older segment of the population.

- Possession of a fish pond is a status symbol (Nji 1986) and, in a traditionally stratified society, it is not unusual that status symbols are more attractive to the elderly, irrespective of the economic viability of the activities associated with the symbol.

- Youths are not attracted to aquaculture, a phenomenon that applies to other rural development activities, resulting in the urban population being younger, whereas villages are dominated by the old (MINPAT 1987). This phenomenon has often been attributed to the absence of social amenities and employment in rural areas.

In the present study, there were other possible contributing factors, namely the absence of land and water rights, as well as the absence of land, particularly in the West province where the population density is reducing available agricultural land and creating an increasing number of landless labourers. The government has long recognized that a healthy nation depends on a healthy and productive rural life, and it has made efforts to improve social amenities in villages, has set up a number of agricultural parastatals in the area, and has also initiated youth programs, such as the "Civic Centre for Participation in Development," which provides, among other things, training in crop and animal production, but not in fisheries and aquaculture. Furthermore, aquaculture is not part of the curriculum in schools.

This study revealed that the attachment to the extended family is strong as households typically contained relatives and hired hands (which, in the long run, are considered to be and are treated as part of the family) in addition to the nuclear pair and their children. This strong attachment is understandable in view of the low educational attainment of the farmers and the low proportion of the population with formal technical training, factors that are likely to hamper their occupational mobility, imposing upon them traditional agro-pastoral activities with an adherent high demand for labour. The varied agro-pastoral activities of the population are probably necessary as they provide employment to family labour and diversify family food supplies and incomes. Although many of the farmers had no formal education, it was estimated that more than 75% of their children were going to school or had completed at least primary school.

The findings showed a real affinity of the farmers for the FFA. This suggests that the state of social and even economic solidarity is strong and people tend to feel a sense of common interest and responsibility. The attachment to the FFA is justified by the roles of these associations in the lives of their members. This role includes

- tool loan schemes for members

- assisting members with the construction of ponds and other labour-intensive chores
- grouping orders for fingerlings and their transportation, which was identified as a constraint by farmers
- programing fish harvests to regulate supplies with a view toward maintaining high prices for fish

It is interesting to note that the FFAs could be assimilated to pre-cooperatives, but that, unlike most cooperatives in the country that have an up-down structure with an evident presence of government officials, the FFAs were organized and run by the farmers, with very little input from government officials.

Considering the low educational attainment of the farmers and the predominant agricultural milieu of the population, it is hypothesized that their involvement in crop and livestock production approximates their age. By contrast, fish farming is an introduced activity with peculiarities, which places it somewhere between traditional capture fisheries and agriculture. Hence, a producer's involvement in aquaculture can be situated within a specific time frame. The proportionately high number of farmers with less than 15 years experience in this activity seems to tailor with the history of fish farming in Cameroon (Mezainis and Satia 1975; Satia 1980; SOGREAH 1982; Balarin 1985) for only over the past 18 years, starting with a short-lived United Nations Development Programme (UNDP)/Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) project from 1972 to 1975, has government involvement in fish culture been maintained. The input by government has, nonetheless, been very small.

The gross annual income of the farmers may have been over- or underestimated. On the one hand, farmers might have underestimated incomes for fear of taxation; on the other hand, farmers are known to receive cash gifts from children, relatives, or friends, which were not included in these assessments. Although the contribution of aquaculture to the farmers' gross annual income was very small due to the small size of the ponds (averaging 307 m^2) and low production (1138 kg/ha per year), an interesting revelation of this study is that no matter how small the scale, the farmer is not likely to aim at only subsistence production, but also at production for a market. However, increased incomes do not necessarily lead to better nutrition if the accrued income is not used to purchase foodstuffs. In the Philippines, where aquaculture is more developed, fish farmers' household income is said to be seven times that of the rice-farming household and about four times that of the average coconut-farming household (Libero et al. 1985).

Fish was rated low as a source of protein in the farmers' diet. This was due more to unavailability than either high prices or a dislike for fish. The unavailability of fish is due to the absence of large rivers or resource-rich lakes, the small size of

the ponds, and low production. About 50% of the farmers stated that frozen fish was not even available in their area. The absence of frozen fish can be attributed to the high cost of installing cold storage facilities and the absence of electricity in some of the villages, particularly in the North West province. With regard to price, groundnuts and beans are produced by the farmers or could be bought at relatively low prices (400 FCFA/kg). However, fish is much cheaper (650 FCFA/kg) than meat products (1100-1200 FCFA/kg); hence, under conditions of equal availability, farmers would be tempted to buy fish and not meat products. The preference for fish is evident from the fact that farmers consume about 48% of their production, and the relatively high proportion of farmers who stated that fish was a fairly or very important source of protein, but that it was in short supply.

The standard of living of a household depends largely on its disposable income relative to its size, as well as on the availability of public services and amenities. Disposable cash income in the context of this study would have been the sum of fish farming and nonfish farming income earned by the household (3200 FCFA/person per year). Because the study did not consider the entire household income, however, it is not possible to use this indicator. Similarly, the study did not generate enough data on ownership of consumer durables and private consumption expenditures to determine Engle's coefficient for the population, neither did the study obtain detailed information on the rate of savings nor on the availability of public and social amenities, all of which are common indicators of the standard of living (Panayotou 1985).

Fish pond technology

The majority of the ponds were properly sited and well constructed, but ponds were small and the number per farmer was low. Pond size and the number owned by a farmer are influenced by many factors, including the cost and type of labour (hand/machine) used in construction. Aquaculture requires intensive capital investment for the construction of ponds. When construction is done by hand, as was the case for about 97% of the ponds in this survey, not only is the work tedious, but compacting of the soil may be inadequate, as reflected in the high percentage of ponds with seepage problems. Furthermore, although labour was theoretically available (large household size), household, meeting group, or FFA labour has, nonetheless, opportunity costs, including the provision of food and drink, which some farmers cannot afford. Evidently, farmers who had personal resources or who obtained credit built more than one pond.

Very few farmers - even if they wanted to - obtained loans from formal institutional sources, thereby indicating that small-scale farmers are not in a position to raise capital through borrowing from such sources, as credit is usually available only against collateral, which farmers may not have. The situation was accentuated by the economies of scale of their aquaculture activity

and the fact that the profitability of aquaculture has not been proven. The high rate of repayments on loans was due to the principal sources of credit (Njangais and Tontines). Members of these associations are bound by codes of ethics and conduct, as well as a sense of solidarity and equality of members with regard to rights and obligations, such that noncollaborative members are usually frowned upon and regarded as outcasts, which limits even further their chances of obtaining credit as avenues for credit from formal sources are limited.

The survey revealed that the majority of ponds had been constructed between 1976 and 1987. However, other reports (Lemasson and Bard 1964; Meschkat 1967; SOGREAH 1982) alluded to the presence of thousands of ponds in the West province prior to 1970. One would infer that most of these ponds have become filled or abandoned over the years. A sizeable proportion (12%) of the farmers in this survey indicated that they might discontinue aquaculture, whereas, at the time of the survey, about 26% of the ponds were not stocked or were not being used. The factors causing farmers to abandon fish farming are insufficiently known as little importance has been placed on monitoring fish farming operations and the socioeconomic and cultural backgrounds of the people who have taken up this activity.

The investigations of this study revealed the following characteristics with regard to the unused ponds and their owners, as well as farmers who might discontinue aquaculture:

- The ponds were small and old, usually more than 10 years old. Production from unmaintained ponds, which are silted and, like small ponds, are unsuitable due to reduced depth, is low and, hence, not very interesting.

- The farmers involved were usually over 50 years of age and, although ownership of a pond might confer upon them a status symbol, such farmers do not have the required initiative, imagination, and motivation to maintain their ponds, especially when returns in the past have not been good.

- The paternalistic approach adopted in introducing aquaculture in the early 1950s, which was characterized by, among other things, heavy subsidization in pond engineering and in procurement and transformation subsystems has left some farmers, particularly the elderly, disillusioned about aquaculture as these subsidies have gradually been curtailed.

- In the Menoua division, cultural belief, which asserts that the appearance of the rainbow indicates that owners have transformed into pythons and have taken refuge in their ponds from where they attack children, has a tendency to dissuade some producers from using their ponds. As older people are more sensitive to accusations related to witchcraft, they are usually the greatest culprits.

The provision of inputs, particularly feeds, may be regarded as an indicator of the producers' attachment to aquaculture, the availability of financial resources, and the producers' ability to make the Boserup shift - changing from extensive to semi-intensive or intensive production (Boserup 1965). In the present survey, very little of this was apparent. Despite several years of association with aquaculture, the close proximity of ponds to producers' homes, and the assertion that farmers "visited" their ponds regularly, the aquaculture system was basically extensive, characterized by small and irregular inputs (even composting), low yields, and low financial returns. Furthermore, existing ponds do not appear to be operating at full capacity in terms of either area or productivity and their production is inadequate to meet the protein requirements of the average household. Visiting a pond is not synonymous with actually working a pond. Because most ponds are backyard ponds or are located on farms, it is likely that each time a farmer passes his or her pond, it might be considered to be a visit.

The reluctance of the producers to use more inputs and also to pay more attention to the management of their ponds can be attributed to, among other things, the absence of packaged technology; the price of inputs; the lack of some of the inputs, particularly good quality seeds; inadequate extension services; and the lack of adequate support facilities.

In view of the need to meet the increasing protein requirement of its growing population, the country cannot afford low production from its fish ponds. However, given the country's and the farmers' factor endowment, it is reasonable to suggest that the average farmer should choose extensive culture accompanied by optimal composting, as this requires low capital investment and less risk, on the condition that producers have stable and secure land and water rights.

In the farmers' opinion, there are many constraints to aquaculture development; however, ranking these constraints indicated that the majority of them are location specific. Knowledge of such specificities could be useful in formulating assistance programs.

Generally, credit was the most limiting factor: where cash is not available, farmers cannot build large or several ponds even in areas where ecological factors are not limiting. Furthermore, a lack of credit limits the farmers' accessibility to factors of production. The inadequacy of financing is not limited to private ponds. It accounts, in part, for the shortage and high cost of fish seeds, particularly carp and Clarias spp., produced at fish stations. The high cost of seeds is compounded by the fact that producers bear the cost of transporting seeds from aquaculture stations to their production units. This constraint - lack of capital/credit - is likely to persist as long as aquaculture is regarded as a social, rather than an economic, enterprise.

The lack of feed was stated by farmers as a constraint. However, Ndam (1987) has shown that, at prevailing prices, it is uneconomical to use supplementary feeds or compounded diets in aquaculture and that, on the contrary, composting should be preferred. This survey confirmed Ndam's revelation for farmers who practiced integrated livestock-fish culture were among the 11% of the surveyed population who stated that aquaculture is more lucrative than either crop or animal production.

Access to land and water is of fundamental importance to aquaculture. Access to land does not seem to be a major constraint because, theoretically, all of the land belongs to the state, except in cases where people have obtained legal rights or title. In practice, however, proof of ancestral use of a piece of land precludes other users, whereas allocation of new land is usually based upon the approval of local leaders - administrative, political, and traditional - but rapid increases in population and the poor performance record of aquaculture do not favour the aquaculture aspirant. In addition, the techno-biological factors of available sites may not be suitable for fish farming.

Poaching has forced farmers in Zaire to give up Tilapia farming (Low 1985) and was identified as a constraint in this survey. However, the high rating given to this factor by producers in the West province is somewhat surprising because the strong socioeconomic and cultural conditions, as well as the functioning leadership structure of village communities in the survey area, would imply that poaching should be of minor importance. Because the scale of aquaculture operations does not justify the financial inputs required for safeguarding, the only possible remedy would be for producers to locate their production units close to their houses.

Finally, although extension agents rated their work performance as being high, there is every reason to suggest that farmers' access to technical knowledge and management skills was very small.

Summary and policy implications

The sociodemographic and socioeconomic profile of the population reflects several characteristics that are roughly comparable to those of the national agro-pastoral population of which they are a part. These include the average age of fish farmers (48 years) and their concentration in the 36-55 years of age group, implying a low entry rate of rural youths into aquaculture; the high household size, indicating a high dependency ratio; the diversification of the farmers' activities, implying a complementarity between aquaculture and other activities in the milieu; and the participation of women, reemphasizing women's role in rural development.

Existing pond technology indicates, among other things, that present production methods underutilize existing ponds; there is an apparent apathy on the part of a sizeable segment of the population toward aquaculture; farmers' access to technical knowledge and management skills is not very satisfactory; and farmers are faced with problems regarding the availability of credit and seeds, as well as land and water rights.

From the foregoing, the following policy options are indicated:

- A step-by-step, multidisciplinary approach to the development of aquaculture should be adopted. In this regard, farmers should be encouraged to maintain their extensive practices while appropriate technology packages emphasizing low-cost production systems are developed through on-station and on-farm trials. This would permit acceptance of proposed techniques and provide extension agents with something to sell to the producers.

- It would be rational at this stage, and in view of the difficulties associated with producing carp and Clarias spp., to place emphasis on Tilapia culture and encourage farmers to be self-sufficient in the production of Tilapia seeds and to be less dependent on public sector support.

- Farmers should be encouraged to deepen their old ponds, which have become shallow through silting, making use of household labour, especially during slack periods of agricultural activity. However, to ensure that the supply of fingerlings, particularly carp and Clarias, which are preferred by some farmers, is adequate, aquaculture stations should be equipped to meet the demand for such species as pond utilization gathers momentum.

- Most lands used for aquaculture are, theoretically, public property; hence, appropriate institutional arrangements would be necessary to establish the security of land tenure required for long-term investments in aquaculture.

- In view of the fact that even the most extensive farming system requires a minimum of technical knowledge and management skills, support through training and communication skills for extension workers should be provided and contracts between extension agents and producers should be maintained on a sustained basis to ensure the acceptance and use of technology.

- With a view toward attracting youths into aquaculture and reducing their dependence on their parents, training in aquaculture at the village level and the introduction of aquaculture into the school curriculum through "School Ponds Programs" should be considered.

- Rural development parastatals in the region should view aquaculture as part of the larger rural economy and include the subsector in their development programs.

Acknowledgments

We wish to acknowledge the financial support given to us, through the Department of Fisheries, by the International Development Research Centre. We are also grateful to the administrative and local leaders, as well as the staff of the Ministry of Livestock, Fisheries and Animal Industries in the West and North West provinces, for their invaluable technical assistance.

References

Anonymous. 1987a. Mastery of the environment and food security. Printed on the occasion of the Agropastoral Show, Maroua, January 1988, by the National Commission for Agropastoral Shows, Yaounde, Cameroon. 57 pp.

——— 1987b. Thematic evaluation of aquaculture. Joint study by the United Nations Development Programme, Norwegian Ministry of Development Cooperation, and the Food and Agriculture Organization of the United Nations. 44 pp.

Balarin, J.D. 1985. National reviews for aquaculture development in Africa. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), FIRI/C770.6. Cameroon. 89 pp.

Boserup, E. 1965. The conditions of agricultural growth. Aldline, Chicago, IL, USA.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1988. Yearbook of fisheries statistics, 1986. Catches and landings. FAO Fisheries Series, vol. 62. A supplement on aquaculture production.

Lemasson, J., Bard, J. 1964. Bilan de pisciculture dans neuf États d'Afrique tropicale. Notes et Documents sur la pêche et la pisciculture. Centre technique forestier tropical, Nogent-sur-Marne, France.

Libero, R.A., Catalla, R.F., Fabro, R.M. 1985. Socioeconomic conditions of small-scale fishermen and fishfarmers in the Philippines. In Panayotou, T., ed., Small-scale fisheries in Asia: socioeconomic analysis and policy. International Development Research Centre, Ottawa, Canada. IDRC-229e, 36-45.

Low, W. 1985. The economics of Tilapia culture in Kassai occidental, Zaire. Department of Agricultural Economics, Cornell University, New York, NY, USA.

Meschkat, A. 1967. The status of warmwater fishculture in Africa. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) Fisheries Report, 44(2), 88-122.

Mezainis, V., Satia, B. 1975. Proceedings of the Peace Corps/Cameroon Fisheries Mid-Service Conference. Yaounde, Cameroon. 12 pp.

MINEP (Ministère de l'Économie et du Plan). 1976. Principaux résultats du recensement général de la population et de l'habitat d'avril 1976. Ministère de l'Économie et du Plan, Direction de la statistique et de la comptabilité nationale. Yaoundé, Cameroun. 33 pp.

MINEP(Ministère de l'Économie et du Plan)/SEDA. 1981. Plan alimentaire à long terme. République Unie du Cameroun, Ministère de l'Économie et du Plan. Yaoundé, Cameroun. Miméo. 160 pp.

MINPAT. 1987. The sixth 5-year economic, social and cultural development plan, 1986-1991. Ministry of Planning and Regional Development. National Printing Press, Yaounde, Cameroon. 325 pp.

Nash, C.E., Engle, C.R., Crosetti, D., ed. 1987. Women in aquaculture. Proceedings of the ADCP/NORAD Workshop on Women in Aquaculture. FAO, Rome, 13-16 April 1987. Aquaculture Development and Coordination Program (ADCP)/REP/87/28. 123 pp.

Ndam, N. 1987. Essai de nutrition du Tilapia nilotica en association avec Clarias gariepinus avec les sous-produits de l'industrie agricole. Mémoire de fin d'études, École nationale supérieure d'agronomie du Cameroun. 95 pp.

Panayotou, T. 1985. Socioeconomic conditions of small-scale fishermen: a conceptual framework. In Panayotou, T., ed., Small-scale fisheries in Asia: socioeconomic analysis and policy. International Development Research Centre, Ottawa, Canada. IDRC-229e, 31-35.

SATEC (Société d'aide technique et de coopération). 1982. Étude sur la création d'une société nationale de pêche. Ministère de l'Élevage, des Pêches et des Industries animales, Direction des pêches. Yaoundé, Cameroun. 159 pp.

Satia, B.P.N. 1980. Principes élémentaires de pisciculture. Tomes 1-3. Yaoundé. Miméo.

——— 1987. Situation of aquaculture in Cameroon. In Powles, H., ed., Research priorities for African aquaculture. International Development Research Centre, Ottawa, Canada. IDRC-MR-149e, 70-82.

SOGREAH (Société grenobloise d'études et d'aménagements hydrauliques). 1982. Étude de l'aquaculture et de la pêche continentale. Ministère de l'Élevage, des Pêches et des Industries animales, Direction des pêches. Yaoundé, Cameroun. Tomes 1-5.

Trottier, B. 1987. Women in aquaculture production in West Africa. In Nash, C.E., Engle, C.R., Crosetti, D., ed., Women in aquaculture. Proceedings of the ADCP/NORAD Workshop on Women in Aquaculture. FAO, Rome, 13-16 April 1987. Aquaculture Development and Coordination Program (ADCP)/REP/87/28, 17-27.

AQUACULTURE FOR LOCAL COMMUNITY DEVELOPMENT PROGRAM (ZAMBIA)

Henk Van Der Mheen
Aquaculture for Local Community Development Program,
P.O. Box 30563, Lusaka, Zambia

Abstract *The Aquaculture for Local Community Development Program (ALCOM) is executed by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), with funding coming from Sweden. The program is interregional, although initially focusing on countries in southern Africa. During the preparatory phase (1986-1989), the following activities were executed by ALCOM: desk studies on the sociocultural, socioeconomic, bioenvironmental, and biotechnical aspects of aquaculture in rural development; surveys on fish farmers in Zambia; technical consultation on aquaculture in rural development, with participation from the South African Development Coordination Conference (SADCC) countries; regional formulation missions, formulating plans for pilot projects for the second phase of the program; missions on aquaculture and human nutrition; and a pilot project in the Eastern province of Zambia. The activities of this pilot project are presented here.*

After a full year of activities, only preliminary results are available. Therefore, this paper will focus on the approach of the research rather than on its results.

Résumé *Le programme ALCOM (Aquaculture for Local Community Development Program) est réalisé par la FAO et financé par la Suède. Il s'agit d'un programme interrégional qui met l'accent, initialement, sur les pays de l'Afrique australe. Au cours de la phase préparatoire de 1986 à 1989, les activités suivantes ont été réalisées dans le cadre de ce programme : études sommaires sur les aspects socio-culturels, socio-économiques, bio-environnementaux et biotechniques de l'aquaculture pour le développement rural; enquêtes auprès des pisciculteurs de Zambie; consultation technique sur l'aquaculture et le développement rural avec la participation des pays de la SADCC; missions régionales pour la préparation des plans des projets pilotes en vue de la deuxième phase du programme; missions sur l'aquaculture et la nutrition humaine; et projet pilote dans la province de l'Est de la Zambie.*

Le présent article vise à rendre compte des activités réalisées dans le cadre de ce dernier projet pilote. Après une année complète de travaux, nous n'avons encore obtenu que des résultats préliminaires. Par conséquent, nous mettrons plus l'accent sur les méthodes de recherche que sur les résultats obtenus.

Introduction

Aquaculture has a long history. With the recent development of more efficient and intensive aquaculture systems, there has been a rapid increase in aquaculture production. As with many other forms of development, however, improvements in productivity have tended to result in greater benefits for the more wealthy entrepreneurs and consumers than for the small-scale farmers or rural consumers.

Inasmuch as there are very good technical reasons for integrating aquaculture into general rural development programs, not only as a means of diversifying the production base but also as a means of achieving more efficient utilization of the rural resource base, aquaculture has been widely promoted as a component of rural development.

To date, however, the impact on rural communities of technical improvement and the introduction of new systems of aquaculture has been rather small. There are many possible reasons for this. Some have to do with the difficulties associated with transferring expertise or with the inadequacies of supporting infrastructures. There are also reasons to believe that certain kinds of aquaculture are inherently poorly suited to the needs of poor farmers, leading them toward additional dependence upon direct governmental support and upon other forces beyond their control. Also, some types of aquaculture appear to be technically too complex for rapid adoption by people with little technical experience.

There is, at present, a widely recognized need to identify those systems that are most suitable for integration with small-scale farming; to analyze what resources - physical and human - are required for their successful implementation; to develop appropriate methods for selecting the form(s) of aquaculture that could be usefully adopted; and to suggest guidelines for government participation.

As a result of such considerations, the Aquaculture for Local Community Development Program (ALCOM) was designed to elucidate the problems associated with the integration of aquaculture into rural development programs, and to devise and test methods of solving these problems.

ALCOM is aimed at developing methods and techniques that, if successful, can be applied in national projects. Thus, ALCOM is intended to complement national efforts and has a catalytic effect.

Materials and methods

The purpose of the pilot project in the Eastern province is to demonstrate the feasibility of producing fish for local consumption and internal markets. It is also to provide a practical

"laboratory" for methodology development studies to help define the problems that are likely to arise when introducing small-scale fish farming to rural communities.

The design of the pilot project was guided by the results of four desk studies that identified sociocultural, socioeconomical, bioenvironmental, and biotechnical aspects of aquaculture relevant to its implementation in rural communities.

Information was gathered in the Eastern province on socio-economic and cultural conditions, nutritional status, climate, topography, water supplies, agricultural farming systems, and credit and extension to order and prioritize the factors identified by the desk studies. This information was initially collected from secondary data. Investigations, surveys, and other statistical background data were reviewed. Additional information was obtained from key informants and farmers through discussions. This information provides some idea about the sociocultural and economic setting of the area.

To understand taking up fish farming as a new activity within this setting, a general model on the adoption of innovations was used. The adoption process involves the following steps:

- the farmer must feel the need to have fish; if this pre-requisite is not met, the process will stop because the information the farmer might receive on this subject will not be considered to be of any interest
- through information dissemination, potential farmers have to hear about the possibility of fish farming; this can include actually seeing a fish pond
- farmers will form ideas about the necessary means and compare them with their available resources
- the farmer tries to estimate the yield and the risks incidental to it
- farmers make decisions regarding whether or not this new activity is interesting to them

The farmer might look for more detailed information and go through this process several times before making a final decision.

Three areas in the Eastern province were chosen to introduce fish farming. The extension method used for introducing fish farming in these areas had to ensure an increase in the target group's control over production and production facilities and actual participation of the target group in all stages of the process. This was accomplished by giving the people all of the information about fish farming in such a way that they were able to make their own decisions with respect to whether or not to start

fish farming, constructing individual or communal ponds, the size of the pond, the sites, and the management.

The process of the adoption of fish farming in these areas was closely monitored.

Interviews with fish farmers, both active and potential, provided additional information on reasons for starting/considering fish farming, problems encountered/envisaged, etc. Observations made during cropping of one pond, together with interviews on intermediate harvesting, inputs, and expenditures, provided information for estimating yields and profitability.

Results

With the information gathered, it was possible to make a profile of the rural areas in the Eastern province and of a small-scale farmer. The most important factors are discussed below.

Profile of rural areas in the Eastern province

In the Eastern province, there are approximately 100 000 farmers, 85% of which are subsistence farmers, cultivating about 1 ha each. There are 11 active fish farmers in the Eastern province, which means that fish farming is an unknown activity to the majority of the farmers. There are no serious land shortages; a person can acquire individual rights over a piece of land through customary law.

There are different kinds of villages: traditional villages, consisting mostly of extended families; villages with people who have worked in urban areas and have returned; and villages in settlement schemes.

Many tribes in the Eastern province are matrilineal, and few are patrilineal. However, most are changing toward the patrilineal system. Inheritance almost always follows patrilineal rules. The Eastern province has a high incidence of households headed by females.

By contacting a community through political leaders rather than through traditional leaders, a different group is reached. There are no organized markets in the rural areas and there is little transport available. There are no newspapers in the rural areas and only a few radios. There is a great unmet demand for fish in most of the rural areas. There are few perennial streams, and more than 200 reservoirs of various sizes have been constructed for multiple purposes.

Profile of a small-scale farmer

Small-scale farmers grow several food crops, mainly for home

consumption, and often one cash crop (hybrid maize or cotton). Most farmers have poultry and animals, which are kept on a small scale and managed in an extensive way with almost no additional feeding. There are few economic activities outside agriculture and animal husbandry.

Because of the short growing season, the work load during the planting and weeding season is heavy - a factor that often limits increasing the size of the farm.

The subsistence farmers possess few implements (i.e., hoes, buckets, or baskets), and few farmers have a wheelbarrow or a shovel. The absolute income is low and few farmers have access to credit.

Malnutrition in different degrees is rampant in Zambia and is chronic rather than acute; the nutritional status of households declines as farmers enter the market economy. The most serious nutritional problem is inadequate energy intake, which is often caused by the low energy level of staple foods.

Most of the agricultural work is carried out by men as well as by women, and decisions on agricultural practices and sales of farm products are jointly made by both husband and wife. In general, small-scale farmers are not reached by extension services.

These two profiles form the setting into which fish farming was introduced.

Consequences for extension

To induce participation of the target group, the objectives of a development program should be in harmony with existing farming strategies and life-styles.

When considering fish farming, farmers will form ideas about the necessary means and compare these with the resources available to them. The proposed technology determines the image people have of the necessary means, e.g., in one area with some fish ponds, farmers did not copy the fish farming activities because the first fish farmer used inputs that the other farmers did not possess, such as capital for hired labour, cement, and fish feed. The farmers had never seen ponds constructed without these inputs and were convinced of the need for such means. Therefore, they concluded that fish farming was beyond their means.

The profiles of the region and of the target group have certain consequences for the extension method and for the proposed technology.

Because fish farming is a new activity for most of the farmers, all information has to be given in such a way that the farmers get a good idea of everything involved. The traditional leaders have to be contacted for the introduction of fish farming.

In view of the limited resources available to a small-scale farmer, fish farming will be practiced in small earthen ponds, constructed with simple tools, and with extensive management, fertilizing with compost and manure, and feeding with by-products and leftovers. Intermediate harvesting will most likely be practiced.

Because of the lack of transport and capital, the farmer should be as independent as possible from outside resources; this might include fingerlings.

The structure of a village has an influence if fish farming is taken up as an individual or communal activity. Aquaculture will depend either on water diverted from a reservoir or on the short-term production of fish during the period when rainfall is adequate and the water table or stream is high enough.

Extension method used

The first contact with a community was made through the traditional leader, the headman. The topic of fish farming was introduced and the program's approach was explained. If an interest in fish farming was expressed, an appointment was made for a village meeting and a slide show. For the slide show, only those slides showing locally available materials and tools were used. The show was comprised of 10 slides. During this slide show, viewers were asked what they saw instead of being told what they were supposed to see, and a discussion about the slides followed. Using this procedure, perceived constraints to fish farming were identified, and information could be provided accordingly. After the slide show, appointments were made with interested participants to visit their site. The sites for the ponds were always chosen by the farmers. The advantages and inconveniences associated with every site were explained, but the final decision as to where to build the pond was left to the farmer. The size of the pond was also determined by the farmers. A simple pamphlet on pond construction was provided and regular follow-up visits were made. No financial assistance or materials were provided.

Discussion of the results

The transfer of information has proven to be essential to the adoption process. It must be stressed that the information provided or shown has to be chosen very carefully. In the context of the approach, only locally available materials were used. If this is not taken into account, the people might consider the operation to be a unique exercise that cannot be repeated under circumstances in which no external assistance is provided. Through the approach of encouraging the people's participation, the people are involved in the decision-making process, which allows them to understand much better why things have to be done a certain way. If problems arise, it is more likely that they will find a solution themselves.

Many of the participants who attended the slide show expressed an interest in fish farming, and some of them have begun construction of a pond. Pond construction was never carried out at the expense of other productive activities. Farmers only worked on the pond during their leisure time, which is limited during certain periods of the year. For this reason, construction was slow in many cases. Everyone wanted to construct a small pond for the first year to see if it was beneficial. This approach, combined with the fact that some people wanted to construct a pond as a group, thereby reducing the labour input per person, might be seen as a way to minimize the risk involved.

Although there are various reasons why women should be a good target group for fish farming development, very few women are taking up fish farming. The major constraint for women is the time they would need to allocate to the new activity. The majority of the women are wives and mothers, and their primary preoccupations are their families and their crops. These will always have priority.

CULTURE SYSTEMS BASED ON ARTIFICIAL HABITATS

SYSTÈMES PISCICOLES AVEC HABITATS ARTIFICIELS

ACADJA-ENCLOS : DE LA PÊCHE DE CUEILLETTE À LA PÊCHE DE CULTURE

Saurin Hem
Centre de recherches océanographiques
BP V 18 Abidjan
Côte d'Ivoire

Résumé *Acadja est une technique de pêche traditionnelle largement pratiquée dans les lagunes côtières du Bénin - une sorte de récif artificiel, fait à partir des fagots de branchages, dans lequel les poissons viennent s'abriter, trouvent de la nourriture et y restent. Les poissons se font ainsi piéger. C'est une technique de pêche très productive : 7 à 20 t/ha par an (Welcomme 1972). Exploité après un court laps de temps (2 à 3 mois), l'acadja intervient comme un piège à poissons (attraction puis capture). Exploité après un laps de temps plus long (6 à 12 mois), l'acadja améliore la production (attraction, multiplication, croissance puis capture). La présente étude tend à vérifier ce deuxième rôle. L'expérience se déroule dans deux types de structures : enclos munis d'acadja et enclos vide servant de témoin. Le résultat enregistré est plausible : une production équivalente de 8,5 t/ha par an a été notée dans l'enclos à acadja, soit une production huit fois plus importante que celle enregistrée dans l'enclos témoin sans acadja. Dix-huit espèces de poissons ont été recensées. Sarotherodon melanotheron (famille des Cichlidae, une espèce très appréciée) représente 79 % de la biomasse produite. L'analyse des histogrammes des classes de taille prouve qu'il s'agit de la production propre de l'acadja à partir des juvéniles qui s'introduisent à travers les mailles des enclos. Un coefficient de condition noté chez les poissons provenant de l'acadja est sensiblement le même que celui observé chez les spécimens du milieu naturel.*

L'acadja est un système qui améliore la productivité. Il pourrait intervenir en aquaculture extensive et dans certains programmes d'aménagement des eaux. Des recherches plus approfondies sont proposées (support en bambou, mode d'exploitation, etc.) visant un modèle mieux adapté.

Abstract *Acadja is a fishing method widely practised in the coastal lagoons of Benin. The principle of this traditional fishery is to set dense masses of branches in shallow water, which attract large quantities of fishes from the wild. The yearly production is very high: 7 to 20 t/year per hectare of biomass of fishes have been harvested (Welcomme 1972). Exploited after a*

short period of time (2 to 3 months), the acadja system could be considered simply as a fish trap or a fishing gear (attraction and catching). If harvested after a long term period (6 to 12 months), acadja may act as a culture system (attraction, breeding, propagation, natural feeding and growth). The study presented here attempts to give evidence of the role of acadja as a culture system. Two production systems have been compared: enclosure with acadja and enclosure without acadja used as a control. After 12 months, a biomass equivalent to 8 t/ha has been harvested from the acadja, equivalent to eight times higher than the control system. Among the 18 species of fish harvested, Sarotherodon melanotheron (Cichlidae) represented 80% of the biomass. Analysis of the fish population showed that young fry had entered through the net at the beginning of the experiment and grown in the acadja-enclos. There were no differences in condition factor between the S. melanotheron from the acadja-enclos and from the wild.

The acadja-enclos system appears to greatly increase productivity in lagoon culture. This principle could be applied in extensive aquaculture or in some aquatic management programs. Further research to understand the basis of this high productivity is necessary to improve it further. This is proposed in the discussion presented here.

Introduction

L'aquaculture intensive du mâchoiron (sorte de poisson chat) Chrysichthys nigrodigitatus en lagune Ebrié arrive à son point de développement commercial (Hem 1987). Il y a de bons espoirs de réaliser des élevages rentables pour des investisseurs privés (individus ou collectivités locales). En 1987, on a enregistré une production globale d'environ 200 t de mâchoiron d'élevage. Toutefois, le coût de revient du kilogramme de poisson produit est relativement élevé (700 F CFA; 50 F CFA = 1 Franc français; 300 F CFA approx. = 1 US$); 50 % de ce prix représente le coût de la nourriture artificielle (granulés) pour cette espèce. La marge bénéficiaire reste cependant importante puisque le prix de vente est de l'ordre de 1 000 à 1 200 F CFA. Bien que le mâchoiron bénéficie d'une bonne réputation auprès du consommateur ivoirien, il est destiné, pour la plupart du temps, en raison de son prix, à un plat de fête plutôt que pour la consommation courante. C'est donc une denrée semi-lune.

Le CRO d'Abidjan a mis sur pied, depuis 1985 et conjointement avec le CRDI depuis 1987, un programme de recherche afin de mettre au point un système d'aquaculture extensive simple, minimisant les apports intrants exogènes (énergie, granulés, etc.), utilisant par contre au maximum les ressources locales, qu'elles soient humaines ou en matières premières. On s'oriente donc vers une technologie souple, adaptée, capable de produire des poissons de consommation courante à plus faible coût, contrairement au mâchoiron.

L'idée de faire reproduire du poisson à partir de la nourriture naturelle est très ancienne en Asie. Elle remonte à plus de 3 000 ans. À partir de moyens très rustiques, on parvenait à améliorer la productivité naturelle des étangs de pisciculture en y recyclant certains déchets domestiques ou de ferme. Parmi ces procédés, on peut citer la pisciculture intégrée où l'on associe élevage des animaux (porc, poulet, canard, etc.) avec l'aquaculture (Edwards et Kaewpaitoon 1982). Le rendement enregistré pour certaines régions est de l'ordre de 9 à 13 t/ha par an.

En Afrique, plus précisément sur les lagunes côtières du Bénin, il existe une pêcherie traditionnelle dans laquelle la production de la nourriture naturelle est le fondement même du processus : c'est l'acadja béninois. Ce terme désigne une technique de pêche qui utilise des parcs de branchages pour attirer les poissons. C'est une sorte de récif artificiel dont le principe est de créer, à partir des branchages, des refuges qui seront colonisés par les poissons.

C'est une technique de pêche très productive; des récoltes variant de 7 à 20 t/ha par an ont été notées dans les travaux de Welcomme (1972).

Suivant les fréquences d'exploitation, l'acadja peut avoir différent types d'impacts sur le milieu. Selon l'auteur, l'acadja, exploité après un court laps de temps (au bout de deux ou trois mois), joue tout simplement le rôle de piège à poissons, donc un pur engin de pêche. En effet, les poissons attirés par l'acadja sont pêchés peu de temps après.

Exploité après une longue période (6 à 12 mois), l'acadja pourrait être considéré comme un système de production comparable à une aquaculture extensive caractérisée par un système d'enrichissement du milieu qui s'explique vraisemblablement par trois effets successifs :

- enrichissement de la production primaire puis secondaire en épibiontes végétaux et animaux, sur les surfaces des branchages;
- colonisation des branchages par des poissons qui sont attirés par la nourriture (des épibiontes) plus abondante qu'en eau libre;
- reproduction des poissons au sein même du système, favorisée par la forte concentration des individus (rencontres plus faciles des couples).

Nos travaux expérimentaux avaient pour but de :

- mettre en évidence le caractère d'enrichissement de l'acadja;

- évaluer la productivité propre de l'acadja en tant que système de culture;
- essayer de comprendre le mécanisme du processus.

Matériel et méthodes

Les recherches ont été menées à la Station de Layo, appartenant à la zone oligohaline de la lagune Ebrié. C'est une zone à forte influence d'eau continentale provenant de la rivière Agnéby. La salinité est voisine de zéro sur huit mois de l'année avec un maximum de 7 ‰ observé en mars-avril.

L'expérience se déroule dans trois enclos lagunaires qui ont la même dimension (25 x 25 m), implantés sur un fond sablovaseux de 1 m (Hem 1982). Avant le démarrage de l'expérience, chacun de ces trois enclos a été systématiquement pêché par trois coups de sennes pour faire le "blanc théorique" de départ.

Le premier enclos qui sert de témoin est vide de toute structure (Fig. 1).

Le deuxième enclos contient Scleria sp. (Durand et Lévêque 1980), une graminée qui se développe en bordure des lagunes. C'est une plante flottante que nous fixons à l'intérieur d'une enceinte de 100 m^2, limitée par des piquets de bambou (Fig. 2). L'essai sur cette structure a pour but de déterminer si ce type de plante pourrait être utilisé comme support pour le développement de la nourriture naturelle des poissons.

Le troisième enclos est l'enclos-acadja. Il est muni de fagots de branchages construits selon la méthode d'acadja traditionnel du Bénin (Fig. 3). Cent fagots sont disposés pêle-mêle à l'intérieur d'une superficie de 100 m , limitée par des piquets de bambou (Fig. 4).

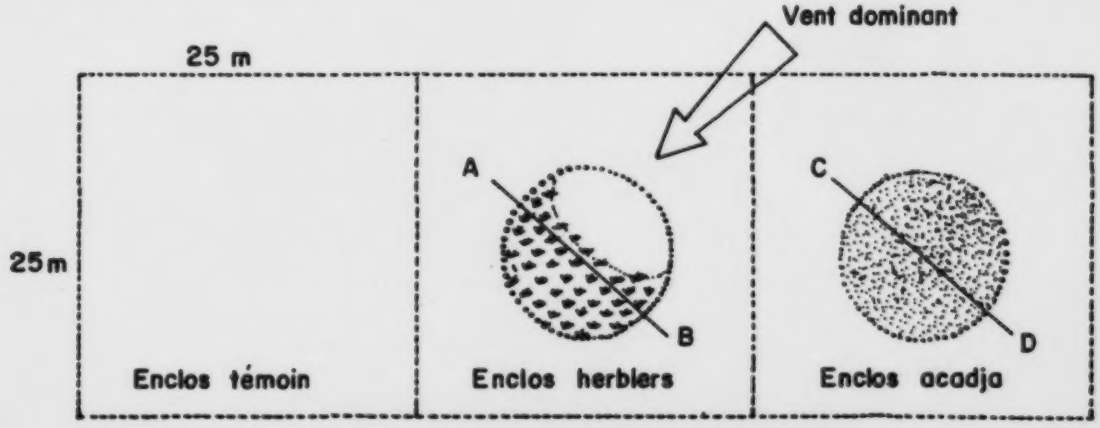


Fig. 1. Dispositif expérimental.

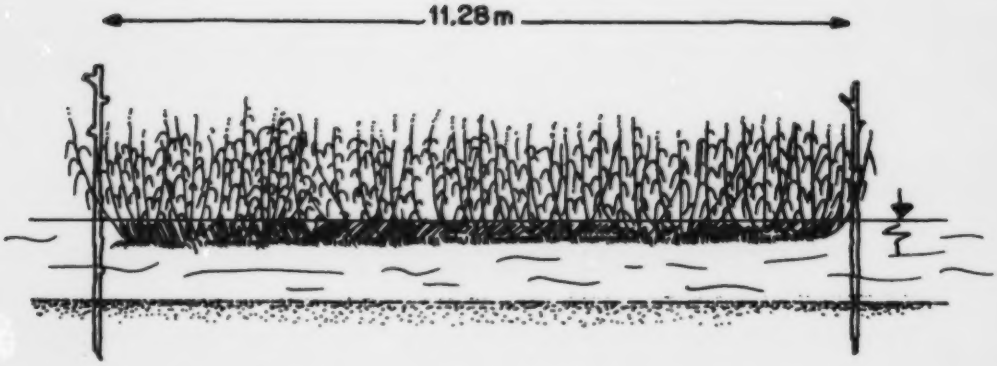


Fig. 2. Coupe AB. Enclos à herbiers.

Fig. 3. Un fagot de branchages de 8 à 12 kg.

L'expérience a été démarrée sans empoissonnement artificiel préalable. Les poissons provenant de l'extérieur sont rentrés au stade très jeunes à travers les mailles du filet (maille de 14 mm). Ils y trouvent de la nourriture, grandissent et se font ainsi piéger.

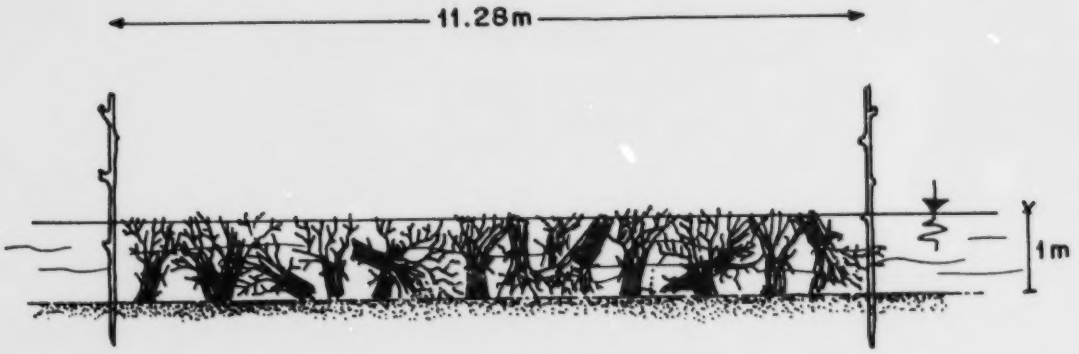


Fig. 4. Coupe CD. Enclos-acadja.

L'expérience s'est déroulée pendant un an sans aucune intervention, sauf les contrôles des filets que nous faisions à toutes les trois semaines.

Résultats

Après un an de fonctionnement, on pêche ces trois enclos. La production globale est présentée à la Figure 6. Des productions de 11,7 et 18,2 kg ont été respectivement récoltées dans l'enclos témoin et l'enclos herbier. Par contre, une production de 80,5 kg a été obtenue dans l'enclos acadja. La différence est très nette : l'enclos acadja est de 7 à 8 fois plus productif que le système témoin.

Lors de la récolte, chaque espèce est comptée et pesée. Les Tableaux 1 et 2 regroupent ces résultats d'une part en composition par effectif et d'autre part en composition par biomasse et par espèce. Ces deux tableaux sont ensuite illustrés par les Figures 5 et 6.

Dans le système acadja-enclos, l'espèce Sarotherodon melanotheron, Cichlidae prédomine (Fig. 7). Soixante-dix-neuf pourcent (79 %) de la biomasse est représenté par cette dernière et 55 % en pourcentage d'effectif. Quant aux autres espèces, elles représentent la composition de la population naturelle de ce secteur de lagune.

Le fort pourcentage de S. melanotheron dans la composition de capture mérite un examen plus détaillé sur cette espèce. La population observée présente une sex ratio pratiquement équilibrée puisque, sur 353 individus, on en compte 169 femelles, 178 mâles et 6 individus de sexe non identifié.

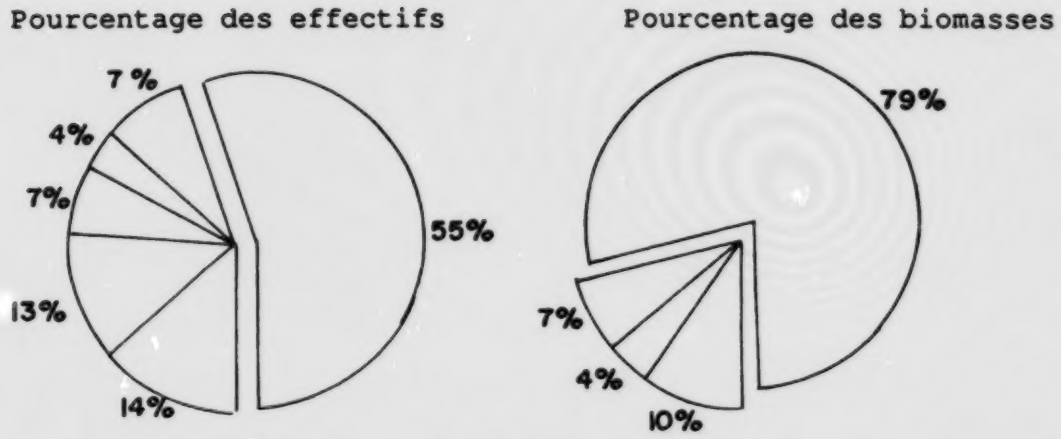
Tableau 1. Composition en effectif par espèce; nombre d'individus par espèce; pourcentage des effectifs par espèce.

	Vidange	Témoin	Herbiers	Acadja	Vidange (%)	Témoin (%)	Herbiers (%)	Acadja (%)
Elaps lacerta		4	1			4	1	
Ethmalasa fimbriata	6	1			74	1		
Hepsetus odoe			1				1	
Chrysichthys nigrodigitatus		19		4		19		1
Chrysichthys walkeri	7	22	10	44	17	22	5	7
Synodontis spp.		2		10		2		2
Heterobranchus spp.		8	6	9		8	3	1
Gerres spp.	1			4	2			1
Hemichromis fasciatus	8	8	30	89	79	8	15	14
Tylachromis Jentinki Jentinki	1	2	3	1	2	2	2	
Tilapia guineensis	4	11	49	85	10	11	25	13
Sarotherodom melanotheron	3	14	69	353	7	14	35	55
Tilapia marae				5				1
Ctenopoma kingsleyde			3	25			2	6
Eleotris senegalensus			4	10			2	2
Citharichthys stampflii	6				16			
Synaptura lusitanica	2				5			
Cynoglossus senegalensis	3	1	2		7	1	1	
Peneus durarum	1	7	8	1	2	7	4	
Machrobrachium spp.			3	5			2	1
Callinectes latimanus			2				1	
	42	99	795	646	100	100	100	100

Note : Vidange = composition observée lors des pêches avant le démarrage de l'expérience.

Tableau 2. Composition des biomasses par espèce; biomasse par espèce; pourcentage des biomasses par espèce.

	Vidange	Témoin	Herbiers	Acadja	Vidange (%)	Témoin (%)	Herbiers (%)	Acadja (%)
Elaps lacerta		75	76	97		1		
Ethmalasa fimbriata		22						
Hepsetus odoe			34					
Chrysichthys nigrodigitatus				91				
Chrysichthys walkeri		2 212	831	2 936		10	5	4
Synodontis spp.		176		888		1		1
Heterobranchus spp.		7 104	2 108	8 311		60	12	10
Gerres spp.				32				
Hemichromis fasciatus		240	710	1 514		2	4	2
Tylachromis Jentinki Jentinki		26		24				
Tilapia guineensis		313	3 098	762		3	17	1
Sarotherodom melanotheron		7 491	10 437	63 697		73	57	79
Tilapia marae				355				
Ctenopoma kingsleyde			54	464				1
Eleotris senegalensus			377	1 316			2	2
Citharichthys stampflii			134				1	
Synaptura lusitanica								
Cynoglossus senegalensis		18	347				2	
Peneus durarum		72	72	7				
Machrobrachium spp.			63	74				
Callinectes								48
		11 749	18 295	80 522		100	100	100



55 %	Sarotherodon melanotheron	79 %	Sarotherodon melanotheron
14 %	Hemichromis fasciatus	10 %	Heterobranchus spp.
13 %	Tilapia guineensis	4 %	Chrysichthys walkeri
7 %	Chrysichthys walkeri	7 %	Divers
4 %	Ctenopoma kingsleyae		
7 %	Divers		

Fig. 5. Importance relative par espèce dans l'acadja-enclos (100 m²).

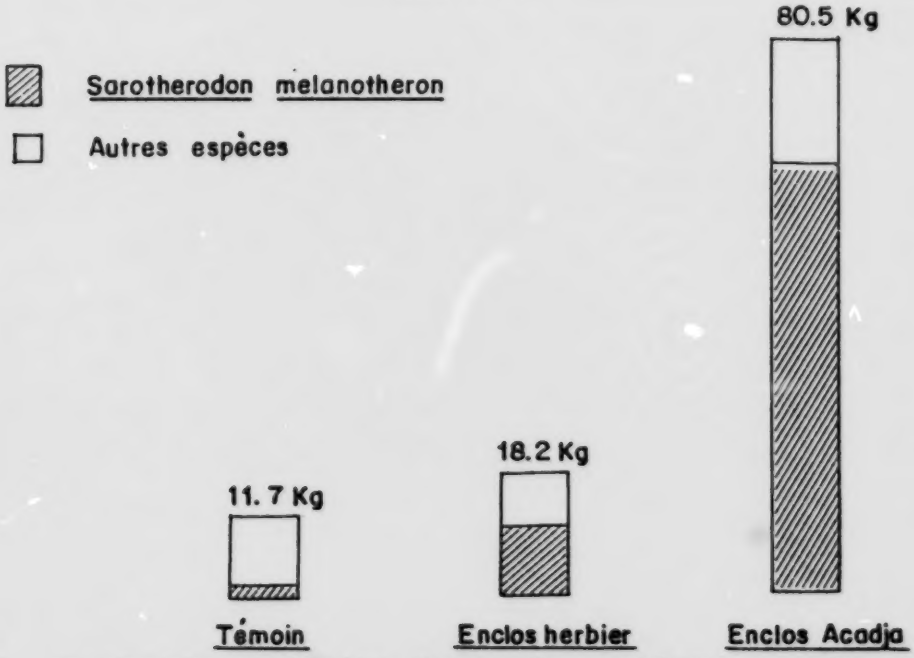


Fig. 6. Production relative des trois systèmes - enclos témoin, enclos herbiers, enclos acadja.

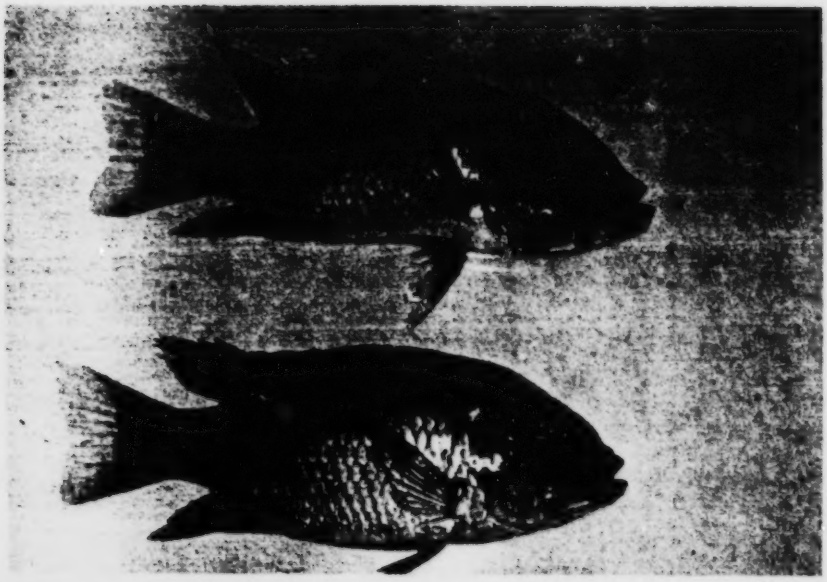


Fig. 7. Un couple de Sarotherodon melanotheron.

Le poids moyen des femelles est de 210 g, tandis que celui des mâles est de 160 g. Ceci reflète la croissance différentielle entre les deux sexes qu'avait observé Legendre dans ses travaux (1982). En effet, les mâles incubent les oeufs dans la cavité buccale. Ce comportement empêche ces derniers de se nourrir convenablement. Legendre a prouvé, par un élevage monosexe des mâles qui n'ont pas été perturbés par ce comportement sexuel, que leur croissance était normale et même meilleure que celle des femelles. Cette observation est renforcée par celle de Cissé (sous presse).

Les Figures 8 et 9 (parties supérieures) représentent les interquartiles des individus observés. L'intervalle qui se situe entre les quartiles q^1 et q^3 est représenté par le rectangle. Cet intervalle englobe 50 % des individus observés. Vraisemblablement, les individus des deux sexes se trouvant dans cet intervalle semblent correspondre aux juvéniles qui pénétraient dans l'acadja-enclos au début de l'expérience, tandis que ceux qui se trouvent après le quartile q^3, soit au-delà de 260 g pour les femelles et 198 g pour les mâles, correspondent vraisemblablement aux individus qui se sont échappés des premières captures de vidange avant le démarrage de l'expérience. Quant aux groupes qui se situent en-dessous du quartile q^1, soit 140 g pour les femelles et 108 g pour les mâles, correspondent sans doute aux individus qui sont nés dans l'acadja au cours de l'expérience.

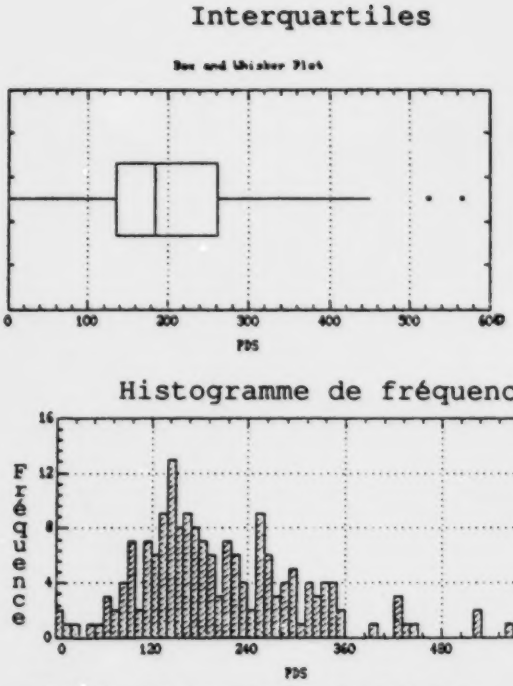


Fig. 8. Histogrammes de fréquences en poids (g). S. melanotheron (femelle) - Poids moyen = 210 g avec 50 % des individus de poids moyen compris entre 120-260 g.

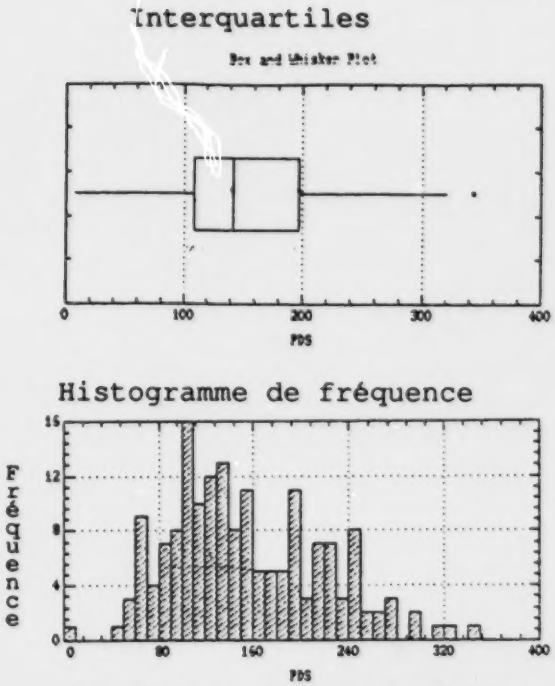


Fig. 9. Histogrammes de fréquences en poids (g). S. melanotheron (mâle) - Poids moyen = 160 g avec 50 % des individus de poids moyen compris entre 105-198 g.

L'examen comparé sur les facteurs de condition de trois groupes de poissons - milieu naturel, milieu d'élevage (données Legendre) et acadja-enclos - est représenté dans le Tableau 3. Il nous montre que les poissons provenant de l'acadja-enclos présentent un excellent coefficient de condition très proche de celui des poissons du milieu naturel.

Discussion

Des réplicats sur l'expérience acadja-enclos ont été effectués immédiatement après la récolte de la première expérience. Cependant, l'expérience est menée sur une superficie d'acadja plus grande (200 et 400 m).

À la fin du cycle, à la récolte, la production était quelque peu biaisée par la prédation par des silures Heterobranchus. Malgré cela, la production moyenne reste bien élevée : une équivalence de 5 à 8 t/ha.

Tableau 3. Poids frais calculés à partir des coefficients de condition K obtenus après corrélation entre poids/longueur.

Longueur (mm)	Poids frais (g)		
	Milieu naturel	Milieu d'élevage	Acadja
40	2	1	2
50	3	2	3
60	5	4	5
70	8	6	8
80	12	9	12
90	17	13	17
100	23	18	23
110	31	24	30
120	39	32	39
130	50	40	49
140	62	51	61
150	75	62	75
160	91	76	91
170	109	91	108
180	129	108	128
190	151	128	150
200	175	149	175
210	202	173	202
220	231	199	231
230	263	228	264
240	298	259	299

Ces premières expériences ont permis de mettre en relief quelques problèmes liés à l'acadja. La pénurie des branchages, à laquelle s'ajoute la rapidité de destruction des branches par les tarets (environ 80 % après 12 mois) constitue une contrainte dans le développement de l'acadja-enclos. Afin de trouver une solution à ce problème, l'utilisation de tiges de bambou a donc été étudiée (Fig. 10).

Un premier essai a démontré un résultat très satisfaisant : un rendement meilleur que les branchages avec une parfaite conservation des bambous à la fin du cycle de 12 mois.

Par sa position verticale, les épibiontes se développent plus favorablement sur la surface des bambous, surtout au niveau de la zone photosynthétique (Fig. 11).

Une première étude sur les épibiontes est en cours (Konan, présent volume). Elle doit aider à mieux comprendre encore le mécanisme de l'acadja.

Fig. 10. Vue rapprochée des piquets de bambous.

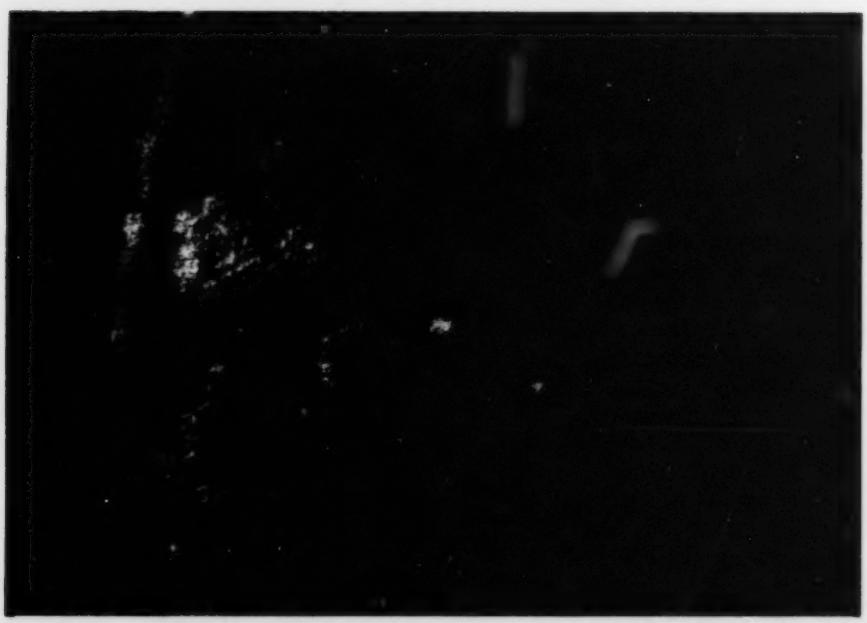


Fig. 11. Traces de broutages sur la paroi du bambou.

Dans la mesure où on démontre que les tiges de bambous sont un excellent support, la pénurie de cette matière première serait moins cruciale car le bambou est une plante dont la croissance est la plus rapide au monde (CRDI 1987).

Peut-être pourra-t-on dire un jour : pour avoir du poisson, plantez les bambous!

Références

CRDI. 1987. Le bambou : plante miraculeuse. Film documentaire, CRDI, Ottawa, Canada. Durée : 20 min.

Durand, J.R., Lévêque, C. 1980. Flore et faune aquatiques de l'Afrique sahelo-soudanienne. Éditions de l'ORSTOM, Collection Initiations. Documentations techniques n° 44, Tome I. 389 p.

Edwards, P., Kaewpaitoon, K. 1982. Integrated fish farming in Thailand.ICLARM Newsletter, July 1982, 3-4.

Edwards, P. 1982. Integrated fish farming in China. ICLARM Newsletter, July 1982, 16-17.

Hem, S. 1982. L'aquaculture en enclos : adaptation au milieu lagunaire ivoirien. Aquaculture, 27, 261-272.

——— 1987. Research on lagoon fish farming in Côte d'Ivoire - A French-Ivorian cooperation programme. Infofish Marketing Digest, n° 4/87, 23-24.

Legendre, M. 1982. Observations préliminaires sur la croissance et le comportement en élevage de Sarotherodon melanotheron (Ruppel 1852) et de Tilapia guineensis (Bleeker 1862) en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Doc. Sc. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan, 14(2), 1-36.

Welcomme, R.L. 1972. An evaluation of acadja method of fishing as practised in the coastal lagoons of Dahomey (West Africa). J. Fish. Biol., 4, 39-55.

Welcomme, R.L., Kapetsky, J.K. 1981. Acadjas: the brush park fisheries of Benin, West Africa. ICLARM Newsletter, October 1981, 3-4.

ÉTUDE PRÉLIMINAIRE DE LA MICROFLORE BENTHIQUE ET DE LA FAUNE INFÉODÉE AUX ACADJA-ENCLOS, LAGUNE ÉBRIE (CÔTE D'IVOIRE)

Annabelle Amoin Konan
Laboratoire d'écologie benthique, Centre de recherches océanographiques, B.P. V 18 Abidjan (Côte d'Ivoire)

Résumé *L'acadja-enclos est une installation qui pourrait permettre de faire de la pisciculture extensive avec des taux de production souvent élevés. Le système consiste d'un enclos de filet, à l'intérieur duquel on a piqué des branchages dans le sédiment. L'étude de sa microflore et de sa faune d'invertébrés ne peut que permettre d'en mieux comprendre la structure et le fonctionnement. L'observation microscopique du périphyton des acadja-enclos montre qu'il est essentiellement composé de chlorophycées et de phaeophycées dont les genres principaux sont Ulothrix, Mougeotia, Dicoleon, Nitzschia, Navicula et Fragilaria. Ces genres sont les plus consommés par Sarotherodon melanotheron, qui broute surtout dans le niveau 4 (couvert en permanence par la marée et bien illuminé) où ils se retrouvent en majorité. Les gastéropodes sont plus abondants dans le sédiment hors des branchages que sous les branchages, tandis que sous les branchages le sédiment est plus riche en invertébrés composés surtout de polychètes et d'oligochètes. Il semblerait que Sarotherodon melanotheron broute par à-coups et sans sélection; l'analyse du contenu stomacal révèle la présence de chlorophycées filamenteuses, de diatomées et de matière ligneuse.*

Abstract *The "acadja-enclos" (acadja-fish pen) is a form of extensive fish culture which can yield high production rates. It consists of a fish pen within which branches have been stuck into the bottom sediments. Studying its microflora and its invertebrate fauna will contribute to a better understanding of the system. Microscopic examination showed that microflora is mainly composed of chlorophyceae and phaeophyceae; principal genera found are Ulothrix, Mougeotia, Dicoleon, Nitzschia, Navicula and Fragilaria. These genera are the most consumed by Sarotherodon melanotheron which graze mostly in level no. 4 (zone permanently covered by the tide and well lighted). Gastropod molluscs were more abundant in sediment away from branches, while sediment under the branches is richer in invertebrates (mainly polycheta and oligocheta). Sarotherodon melanotheron grazes by fits and starts without selection. Stomach content analysis shows filamentous chlorophyceae, diatoms and ligneous matter.*

Introduction

La flore aquatique est, incontestablement, d'une grande importance dans l'exploitation et dans l'économie des ressources aussi bien des points de vue environnemental, écologique que scientifique. Aussi, nous proposons-nous d'examiner sa composition et son rôle dans des installations "acadja-enclos" initiées à la station d'aquaculture du Centre de recherches océanographiques à Layo par Hem depuis 1984. L'objectif est d'étudier la microflore mais également la faune d'invertébrés étant donné que ces éléments constituent l'alimentation naturelle des espèces de poissons rencontrées dans les systèmes "acadja-enclos". Les installations d'acadja permettent d'avoir de fortes productivités, comme le montre les travaux de Welcomme (1972) : 8 à 21 t/ha par an; Pliya (1981) : 10 à 15 t/ha par an; Kapetsky (1981) : 8 à 42 t/ha/pêche; et Hem (1988) : 8 t/ha par an. Cette forte productivité justifie la présente étude.

Le but initial de l'étude était de comprendre la structure et le fonctionnement de ces récifs artificiels et les communautés d'algues et d'invertébrés. Par la suite, elle visait l'amélioration de cette méthode d'aquaculture extensive afin d'obtenir une productivité maximum de poissons à un faible coût de revient.

Matériel et méthode

Caractéristiques du site

Les prélèvements ont été faits à la Station d'aquaculture du Centre de recherches océanographiques, située du côté ouest de la Lagune Ebrié (Côte d'Ivoire), dans la circonscription de Dabou (Fig. 1).

Cette Station est sous l'influence du fleuve Agnéby et présente une salinité variant de 0,07 ‰ (au mois de juillet) à 5 ‰ (au mois de mars, en grande saison sèche). Le régime hydrologique du fleuve est fonction du volume des précipitations et conditionne l'évolution physicochimique des eaux. Les travaux de Guiral (1983) montrent qu'en période de crue du fleuve, les sels nutritifs azotés sont apportés massivement (la concentration maximale en nitrates est de 32 µmole/L). Les concentrations en oxygène sont croissantes au cours de la saison sèche et chutent pendant la crue de l'Agnéby (3,79 mg/L d'oxygène dissous au mois de mai à 7,34 mg/L d'oxygène dissous au mois de mars). Les eaux restent désaturées pendant cette période, tandis que de la mi-juillet à la fin décembre, les concentrations sont à 65 % du taux de saturation (Guiral 1983).

Guiral a défini la composition chimique des eaux de la Station d'aquaculture de Layo comme suit : Na^+ (45 à 55 %), Cl^- (30 à 35 %), K^+ (10 à 20 %), Ca^{2+} (45 à 55 %), HCO^{3-} (non disponible), SO_4^{2-} (25 à 30 %), Mg^{2+} (10 à 20 %) milliéquivalent par litre.

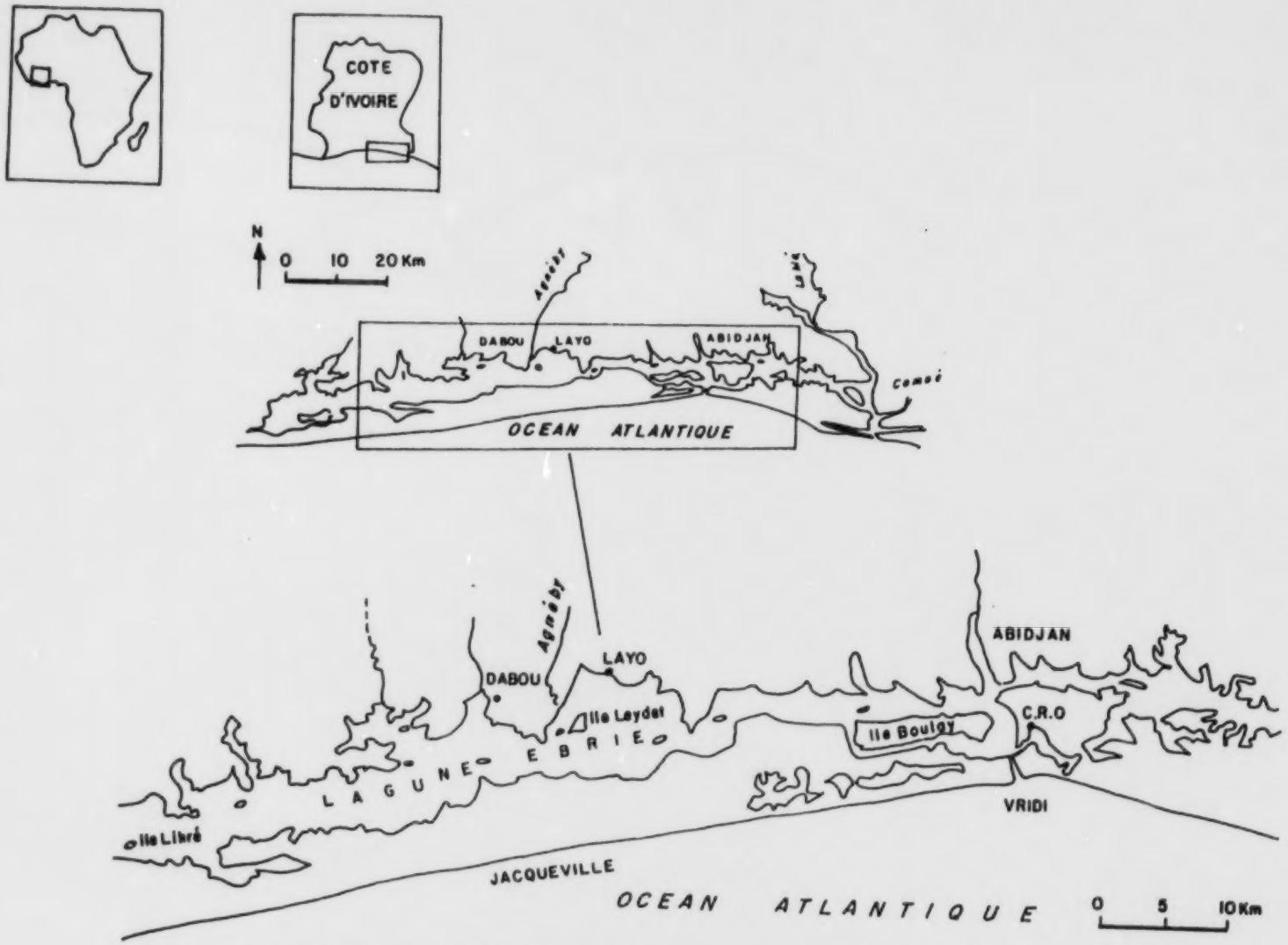


Fig. 1. Plan de situation de la Station d'aquaculture de Layo, lagune Ébrié (Côte d'Ivoire).

La profondeur moyenne des eaux de Layo est de 1,35 m, permettant ainsi une bonne pénétration de la lumière. La température y varie très peu (de 31,2 °C au mois de mai, à 27 °C au mois de juillet).

Ainsi, la proximité du fleuve Agnéby assure à la Station d'aquaculture de Layo un apport périodique de composés organiques dissous et particulaires ainsi que des sels nutritifs. La faible profondeur entraîne une sédimentation brève du matériel détritique et une minéralisation essentiellement de type aérobie à l'interface eau-sédiment. Les réactions oxydantes y sont renforcées par la nature et la granulométrie du support minéral (Guiral 1983).

Du fait de leur double origine marine et continentale, les eaux de Layo sont 100 fois plus minéralisées que celles de l'Agnéby (Guiral 1983). Cet auteur a également montré que les sédiments de Layo présentent une stratification verticale très nette, caractérisée par :

- un horizon superficiel (0-2 cm) sableux grossier, contenant quelques débris coquilliers plus ou moins altérés;
- une couche intermédiaire (2-8 cm) constituée d'un ensemble minéral hétérogène de quartz et de concrétions sphériques (ocre-rouge à noir);
- une alternance régulière de niveaux tourbeux noirs, très riches en débris ligneux, peu altérés et de niveau sablo-limoneux compact de couleur gris pâle.

Les acadja-enclos

Il convient tout d'abord de définir le terme «acadja» afin de mieux comprendre le phénomène.

L'acadja est une mangrove artificielle installée dans un lac ou une lagune peu profonde. C'est un ensemble de branchages fichés dans la vase du fond et regroupés de façon à former un parc rectangulaire ou circulaire. La zone ainsi délimitée sert de refuge et de lieu de prédilection à de nombreuses espèces de poissons et d'invertébrés qui se nourrissent du périphyton poussant sur la surface submergée des branchages, s'y reproduisent et s'y développent (Delphin, communication personnelle). Welcomme (1972) donne une définition à peu près semblable.

Ce type d'acadja traditionnel, originaire des lagunes ouest-africaines, est une forme de pisciculture extensive à haute productivité (21 400 t/ha par an, d'après Welcomme 1972).

L'acadja-enclos est conçu sur le principe des acadja traditionnels, à la différence qu'il utilise un filet pour la délimitation de l'enclos et qu'il est empoissonné (Hem 1988).

Le matériau constituant l'acadja-enclos est composé de branchages (fagots) et de bambous. Ces derniers sont artificiellement plantés en un cercle et les branchages sont accumulés au centre. Les alevins de Sarotherodon melanotheron de 5 g sont ensuite libérés dans l'acadja-enclos où ils vont eux-mêmes assurer leur croissance en se nourrissant à partir des substances naturelles.

Les techniques de prélèvements

L'échantillonnage a été fait dans l'acadja-enclos n° 4 (Fig. 2a et 2b) en novembre 1986, au moment de la récolte (12 mois après l'installation de l'acadja) et en mai et juin 1987 (5 mois après l'implantation). Ces installations sont situées à environ 200 m de la berge.

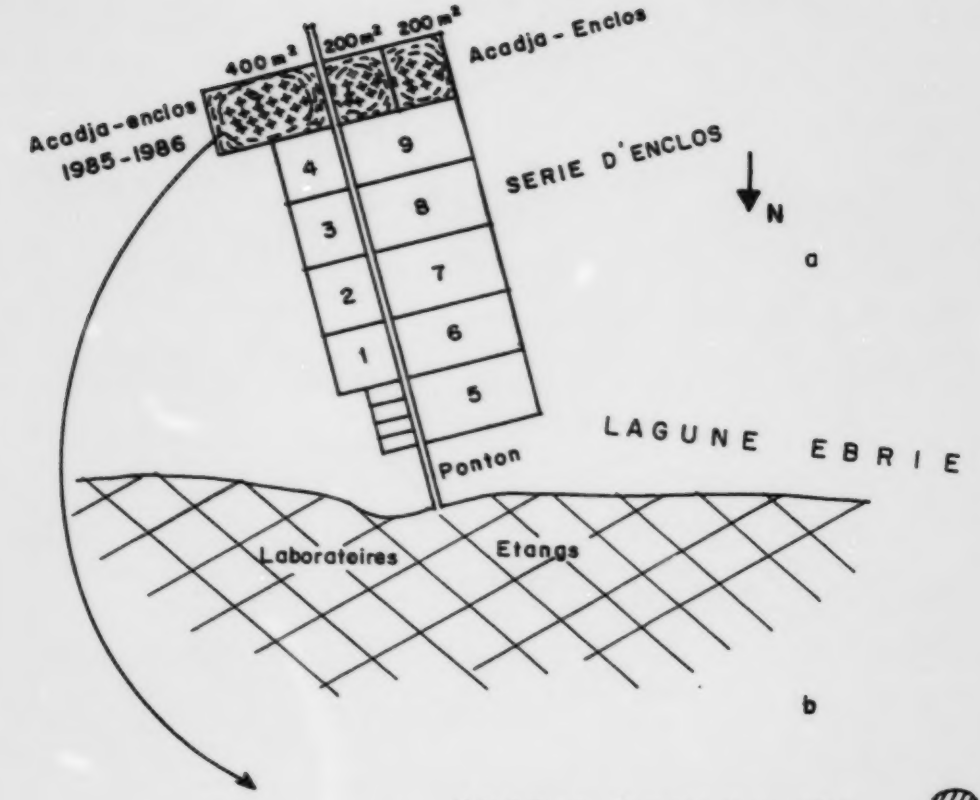
Échantillonnage du périphyton

Des prélèvements ont été faits sur les bambous de 6,5 cm de diamètre plantés verticalement et qui constituent la limite du cercle de l'acadja. Des bambous verticaux de 5 cm de diamètre et des branchages en position oblique ou horizontale ont également été échantillonnés. Des observations préalables nous ont permis de noter une nette zonation dans la colonisation des branchages par le périphyton. Cela nous a guidés dans notre échantillonnage et nous a permis de distinguer cinq niveaux (Fig. 3 et 4). Pour l'échantillonnage, à chaque niveau, une surface de 8 cm est délicatement grattée à l'aide d'un pinceau à poils écourtés ou d'un couteau. Le micro-phytobenthos ainsi recueilli est remis en suspension dans un pillulier identifié contenant de l'eau de lagune filtrée sur filtre Whatman GF/F de vide de pore 1,2 m et du formol à 2 %. Du matériel vivant était également échantillonné pour l'observation à très court terme. La détermination des différentes espèces et leur abondance relative était faite après l'observation au microscope. Des prises de vue des différents niveaux de zonation ont également été faites.

Échantillonnage du sédiment

Les points d'échantillonnage (Fig. 2) sont disposés de manière à avoir du matériel hors de l'acadja (mais à l'intérieur de l'enclos) et à l'intérieur de l'acadja, sous les branchages. La profondeur moyenne de l'eau étant de 1,35 m, les prélèvements sont faits directement à l'aide d'un tube PVC de 9,5 cm de diamètre. Il est ainsi prélevé 354,23 $cm^3 \pm 5$ cm^3 de sédiment que l'on conserve dans un bocal identifié contenant de l'eau de lagune additionnée de formol à 10 %.

Au laboratoire, le sédiment est lessivé sur un tamis de vide de maille 1,5 mm. Le refus de tamis est alors recueilli et disposé dans un bocal contenant du formol à 5 %. La deuxième opération concerne le tri des organismes, puis l'observation (à l'oeil nu, à la loupe binoculaire ou au microscope) nous permet de procéder à l'identification.



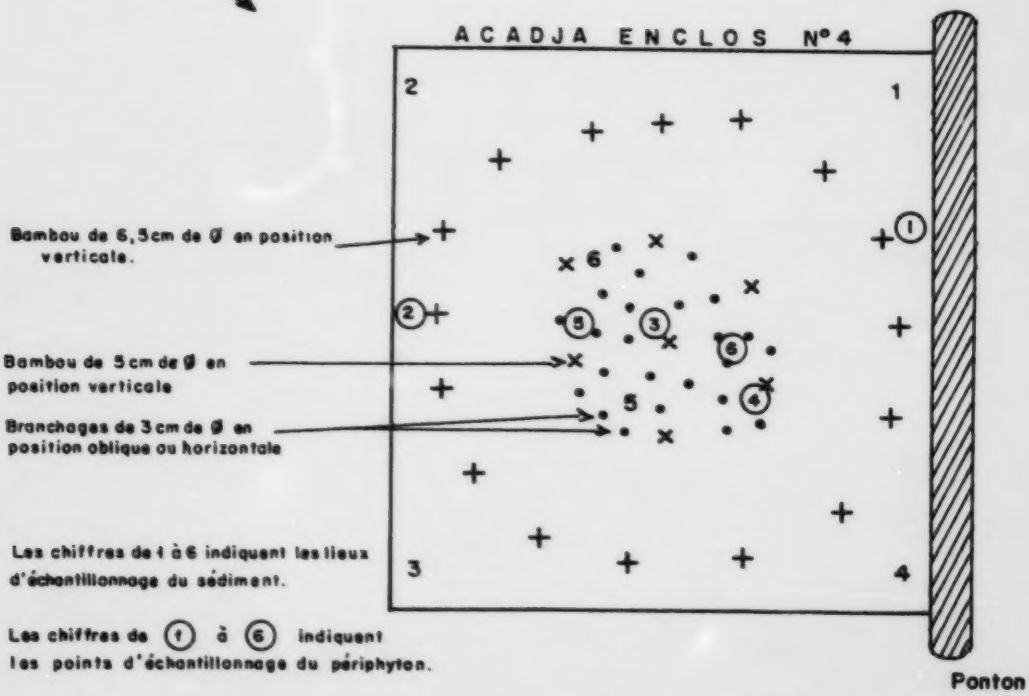


Fig. 2. Stations de prélèvements à Layo.

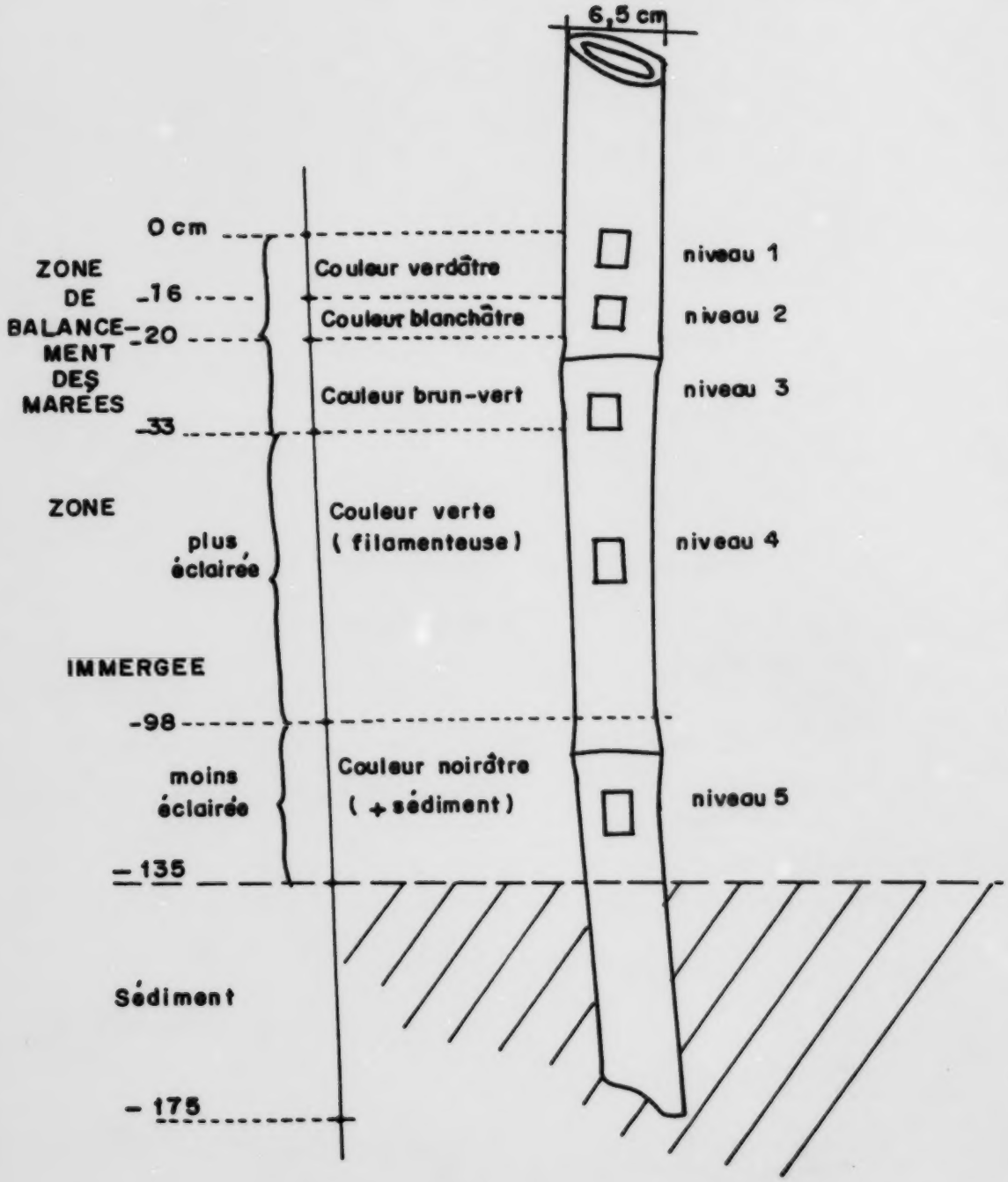


Fig. 3. Zonation et niveaux d'échantillonnage.

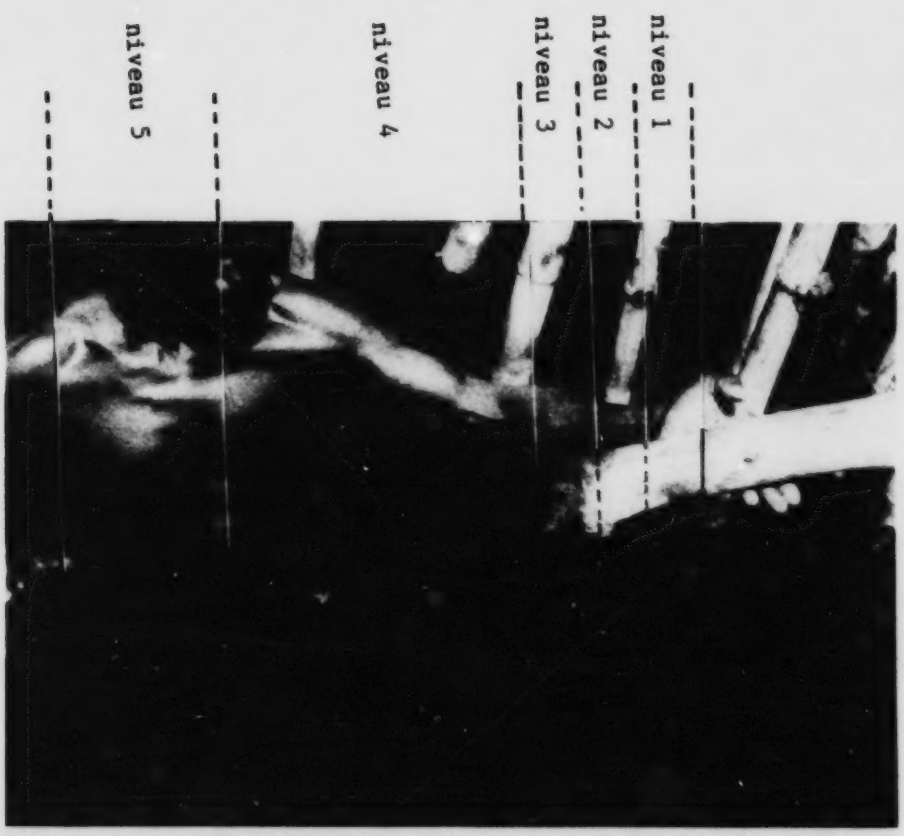


Fig. 4. Différentes zonations d'un bambou colonisé depuis six mois.

Échantillonnage des contenus stomacaux

Sarotherodon melanotheron étant la principale espèce de poisson trouvée dans l'acadja-enclos, il a été choisi pour les prélèvements de contenus stomacaux. L'estomac de chaque poisson (un échantillon de 15 poissons) a été prélevé et conservé dans un bocal identifié contenant du formol à 2 %. Ces échantillons ont été prélevés en 1986 au moment de la récolte, et en 1987 (6 mois après l'installation de l'acadja) au moyen d'un petit épervier.

L'estomac prélevé est ensuite fendu sur toute sa longueur et le contenu remis en suspension dans de l'eau; une première observation de l'ensemble du matériel est faite à la loupe binoculaire. Une quantité de 0,1 mL de cette suspension est ensuite prélevée pour observation entre lame et lamelle au microscope optique.

Résultats et discussion

Composition du microphytobenthos

Description des bambous et branchages

Les bambous et branchages plantés verticalement présentent une zonation très nette (Fig. 4 et 5). Dans la portion correspondant à la zone de balancement des marées, on distingue trois bandes : une bande verdâtre (niveau 1), correspondant au niveau de l'eau lors des marées hautes, et une bande blanchâtre (niveau 2), correspondant à la zone de transition entre marée haute et marée basse (Fig. 5). La coloration blanchâtre de ce niveau pourrait provenir des dépôts organiques (écume des vaguelettes) qui séjournent (vraisemblablement plus longtemps) à marée basse. La troisième bande est de coloration brune et correspond à la zone de transition entre la partie émergée et la partie submergée. La zone immergée comprend deux niveaux : le niveau 4 de coloration verte correspond à la zone la plus éclairée (Fig. 6), et le niveau 5 de couleur noirâtre correspond à la zone la moins éclairée et contient également des particules de sédiments.

La hauteur totale disponible pour la fixation du périphyton est égale à 1,35 mm; la surface totale de colonisation est de 13,77 m^2, dont 6,63 m^2 pour le seul niveau 4 qui est, en fait, la zone principale de broutage des poissons, à en croire les traces laissées (Fig. 6 et 7). Les observations faites juste après le broutage permettent de voir les fines traces de dents laissées par les poissons (Fig. 7). D'autre part, l'aspect tacheté du microphytobenthos fixé sur les bambous démontre que Sarotherodon broute par à-coups et sans sélection.

Composition du périphyton

Le périphyton des branchages et bambous d'acadja se compose de plusieurs espèces regroupées en deux grands groupes essentiels : les chlorophycées et les phaephycées.

Le Tableau 1 donne un aperçu des différentes espèces d'algues benthiques rencontrées dans les acadja-enclos. On note que la proportion d'algues filamenteuses est plus forte dans les niveaux 3 et 4 et ce, indépendamment du mois; c'est d'ailleurs dans ces niveaux qu'on relève le plus de traces de broutage. Les chlorophycées filamenteuses rencontrées en grand nombre sont Ulothrix sp. et Mougeotia sp. On trouve ensuite Dicoleon en relative abondance, surtout dans le niveau 5 des échantillons de mai et juillet 1987. Les phaephycées identifiées se composent essentiellement de diatomées, avec une grande proportion de formes pennées. Les genres Nitzschia, Navicula et Flagilaria sont les plus abondants. Les travaux de Iltis (1984) ont d'ailleurs révélé que les chlorophycées et les diatomées sont, entre autres, les groupes algaux les plus communs dans les biomasses phytoplanctoniques de la lagune Ébrié. D'autre part, Carpentier (1982) a dénombré plus de formes pennées que de diatomées centriques.

Fig. 5. À marée basse, seules les zonations supérieures sont visibles (niveaux 1, 2 et 3).

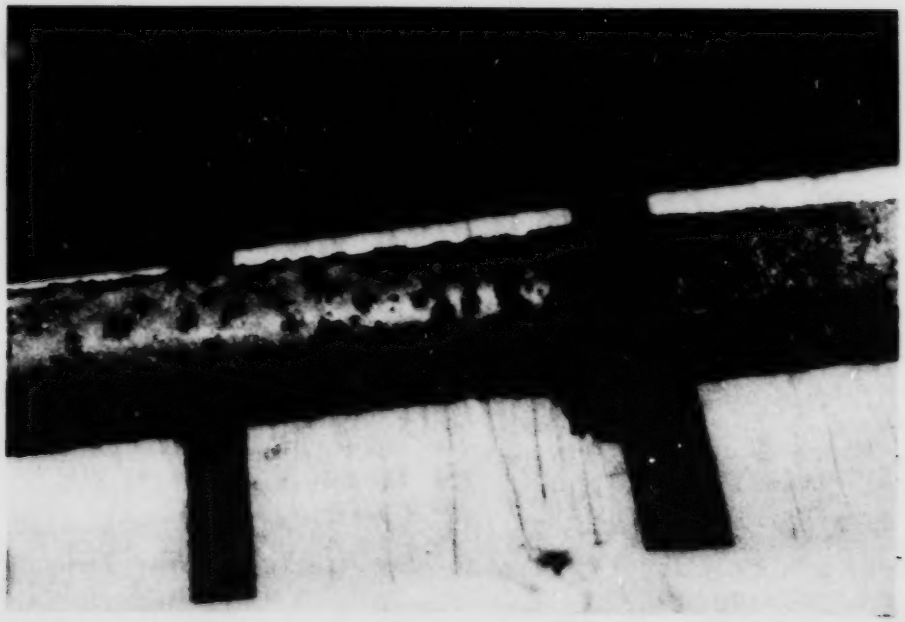


Fig. 6. Niveaux 3 et 4 (niveau 4 de coloration franchement verte).

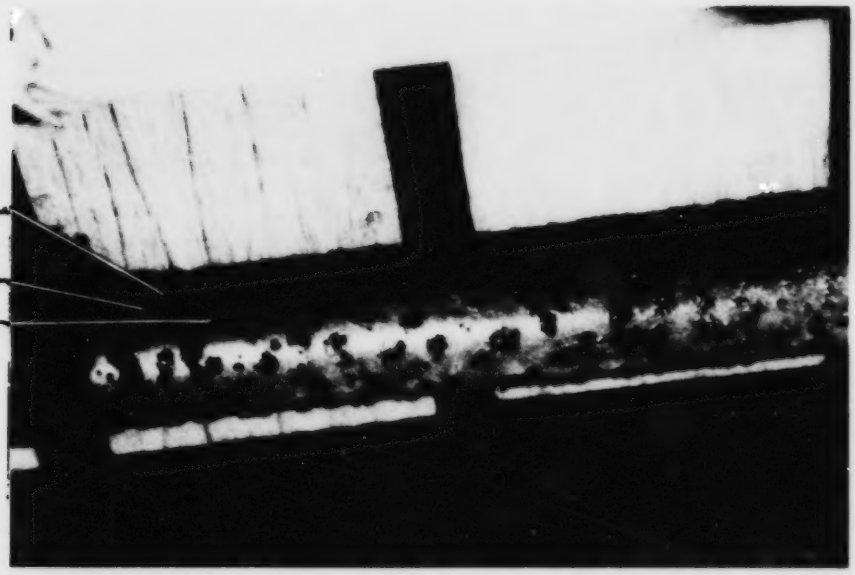


Fig. 7. Le niveau 4 est le plus brouté (broutage très évident); la partie supérieure est plus densément colonisée car plus ensoleillée. La partie inférieure est moins colonisée.

Les figures 8, 9 et 10 montrent la zonation en fonction des espèces. On note que dans le niveau 4, qui est le niveau le plus fréquenté par les poissons, il y a beaucoup de chlorophycées (principalement Ulothrix et Mougeotia qui sont les genres dominants). On rencontrerait beaucoup plus d'espèces de diatomées en saison pluvieuse qu'en saison sèche - surtout le genre Nitzschia. De façon générale, en saison sèche les diatomées pennées sont plus abondantes que les diatomées centriques. Les chlorophycées semblent également plus diversifiées en saison sèche.

Composition de la faune inféodée aux acadja

Description du sédiment

Le sédiment de Layo est, en général, sableux et quelque peu vaseux; on a une proportion de 60 % de sable et de 40 % de vase. Il faut noter que dans les acadja-enclos, il y a une sédimentation de matière organique du fait du microécosystème créé par la desquamation de la matière ligneuse et liberique des branchages et bambous. Ces dépôts rendent le sédiment plus organique (vase de couleur noirâtre). Toutefois, la profondeur des eaux de Layo étant faible, on note une certaine pénétration de la lumière au niveau du sédiment qui est colonisé par une flore benthique abondante.

Composition de la faune inféodée aux acadja

On n'a noté aucune présence d'invertébrés sur les bambous et branchages à l'exception de Toredo petiti, qui cause des dommages au bois. Cette absence serait imputable au mode d'échantillonnage qui est tout de même assez sélectif.

Tableau 1. Espèces d'algues benthiques rencontrées dans les acadja-enclos.

Espèces d'algues rencontrées	Différents niveaux														
	Novembre 1986*					Mai 1987					Juillet 1987				
	N1	N2	N3	N4	N5	N1	N2	N3	N4	N5	N1	N2	N3	N4	N5
Chlorophycées															
Filamenteuses (%)	30	20	75	80	10	35	15	60	70	25	40	5	70	80	35
Ulothrix	++	++	+	++		++	++	++	+++		+++			++	+
Rhizoclonium sp.		++		+++			++	+++	+++					+++	
Prasiola velutina			++												
Dicoleon sp.			+		+					+++					+++
Cladophora				++											
Filamenteuses indéterminées			+			++									
Phaeophycées															
Diatomées centriques (%)	10	5	5	5	1	5	10	5	5	3	5	5	10	5	1
Corcinodiscus sp. 1		+				++								++	
Diatomées pennées (%)	50	35	15	12	5	35	40	30	20	20	40	15	15	10	10
Achnanthes brevipes		+										+		+	
Actinastrum sp.								+							
Amphora sp.											+				
Bacillaria sp.								+							
Berkeleya sp.							+	+							
Cymatopleura solea														+	
Fragilaria sp.		+				+	+	+	+	+				+	
Gomphonema sp.											+				
Gyrosigma sp.	+	+		+			+	+							
Licmophora sp.							++								
Navicula sp.	+	+	+	+			++	+			++			+	
Nitzschia sp. 1	+	+	+	+			+	+	+	+	+	++		++	+
Nitzschia sp. 2										+	+			++	+
Nitzschia sp. 3														+	
Nitzschia sp. 4											+			+	
Nitzschia ramana											+				
Nitzschia sigma											++			+	
Pinnularia sp.											+				
Skeletonema sp.							+	+			+			++	
Sphanodiscus sp.	+														
Particules indéterminées (%)	20	40	5	3	84	25	35	5	5	52	15	75	5	5	54

* + = présent; ++ = abondant; +++ = très abondant.

On signale que dans la lagune Porto Nova, Rabier et al. (1979) ont rapporté l'existence d'une épifaune induite par les acadja, démontrant une importante influence marine.

Les eaux de Layo étant à faible salinité, nous n'avons pas observé les moules, huîtres et autres polychètes qui se fixent sur les branchages comme dans la lagune Porto Novo qui a des salinités élevées.

La faune inféodée aux acadja-enclos est essentiellement composée de gastéropodes, de bivalves, de crustacées, de polychètes, d'oligochètes et d'insectes. On peut également signaler la présence, en forte densité, d'éponges d'eau douce (Spongilla lacustris) sur les branchages horizontaux en contact avec le fond ou proche de ce dernier. On les retrouve en faible proportion dans le niveau 5, sur les bambous plantés verticalement.

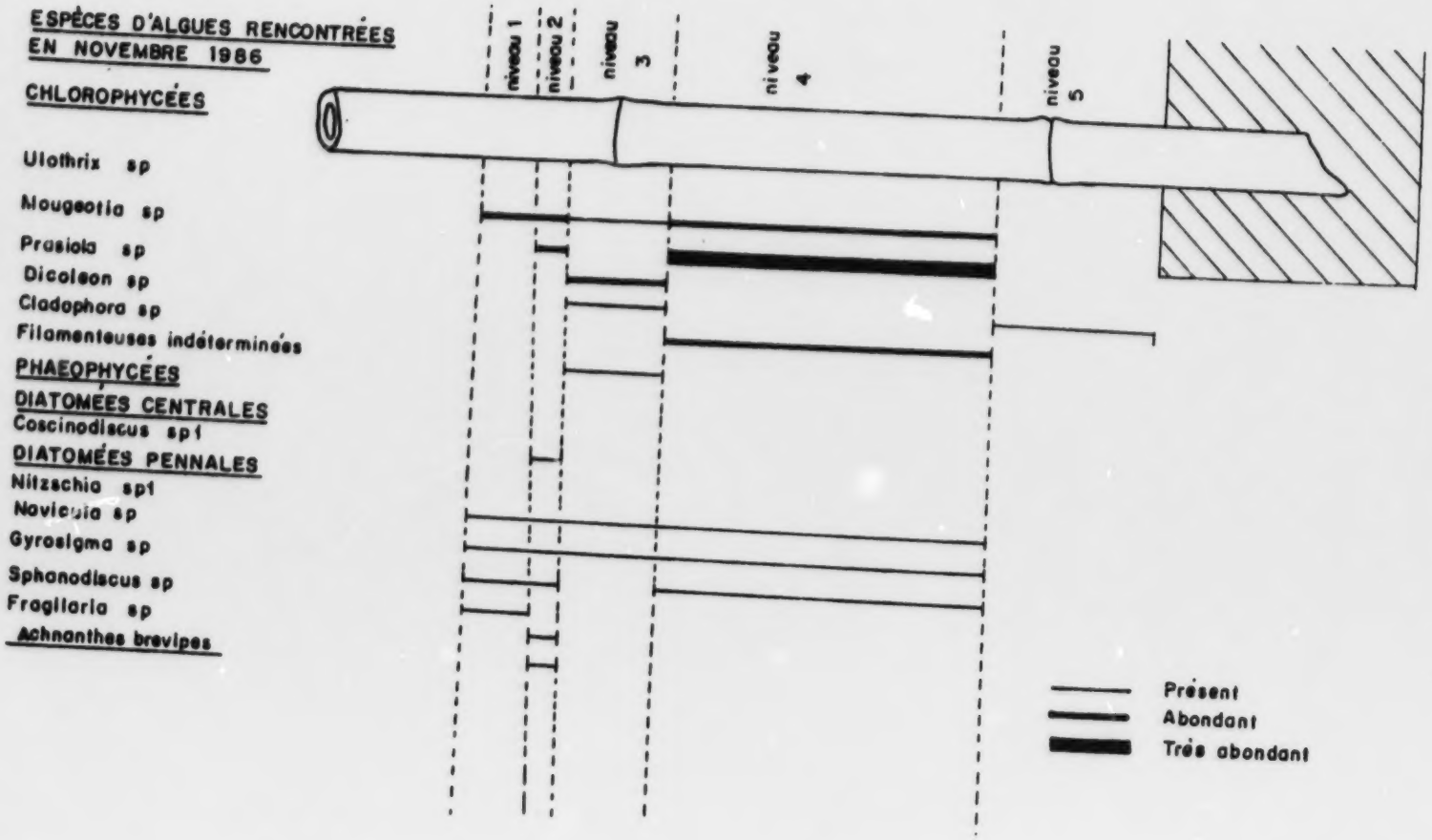


Fig. 8. Zonation en fonction des espèces en novembre 1986.

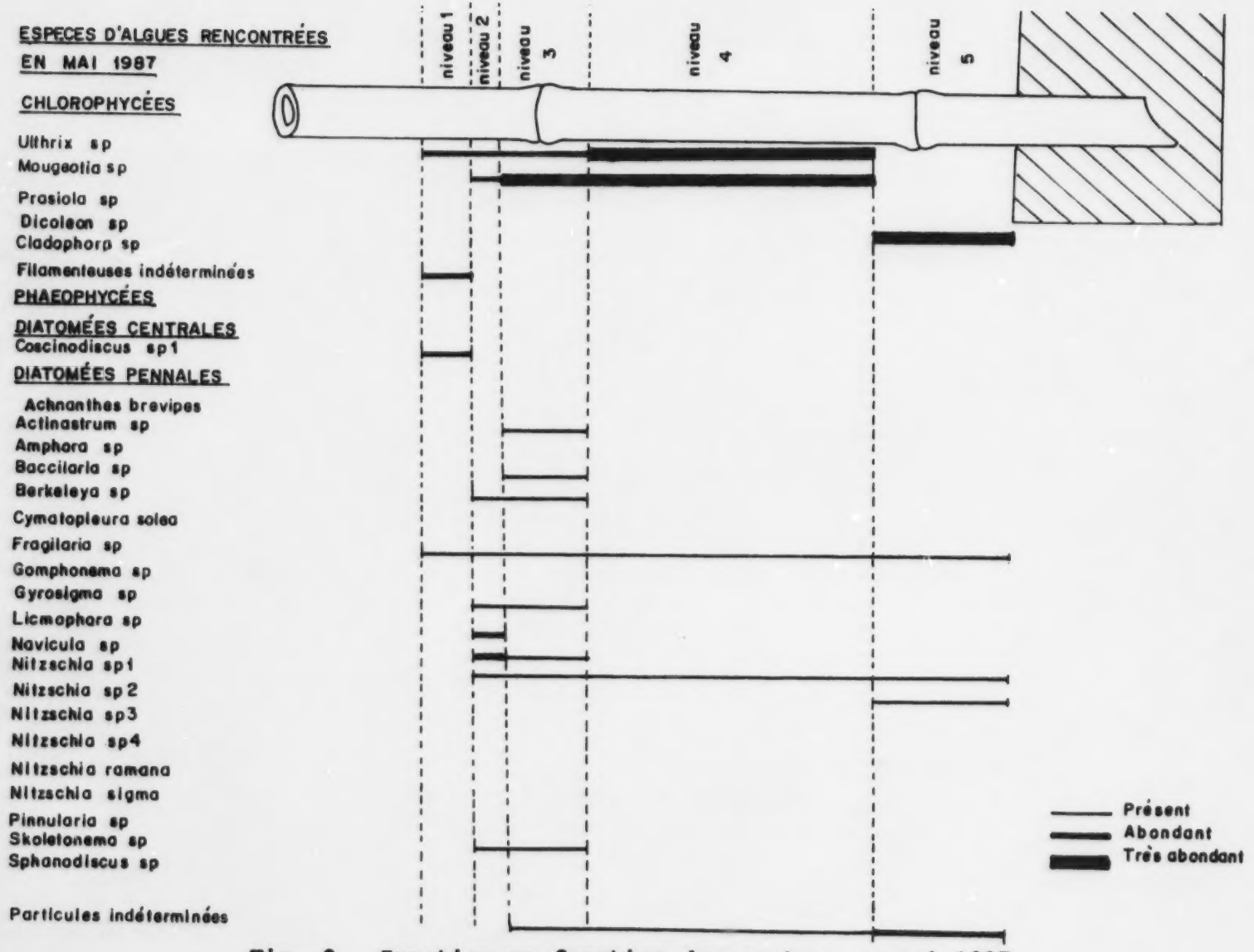


Fig. 9. Zonation en fonction des espèces en mai 1987.

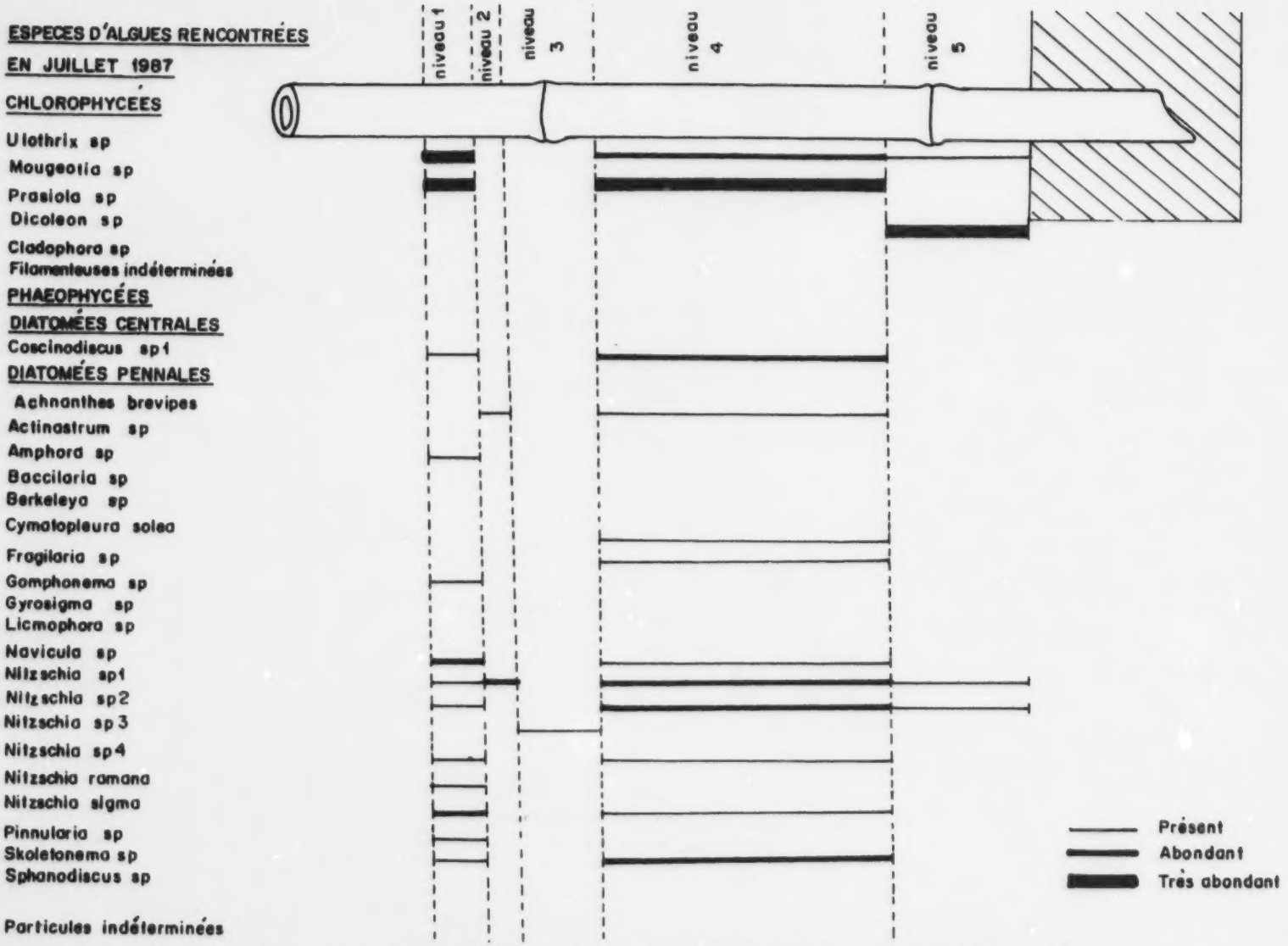


Fig. 10. Zonation en fonction des espèces en juillet 1987.

Dans le Tableau 2, on note un plus grand nombre d'individus sous les branchages (X = 106), surtout en ce qui concerne les polychètes et oligochètes, alors que hors des branchages, on a une moyenne de 58 espèces. On note également que les gastéropodes se retrouvent surtout hors des branchages.

Sur quatre points d'échantillonnage hors des branchages, on a 233 espèces, alors que sur deux points sous les branchages, on a 212 espèces. On peut faire apparaître ici la notion de capacité de support d'un milieu car, à eux seuls, les points sous branchages

Tableau 2. Espèces d'invertébrés rencontrées dans les acadja-enclos (novembre 1986).

Nombre d'individus par station $35.10^{-5}/m^3$	Hors des branchages				Sous les branchages	
Espèces rencontrées	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Polychètes						96
Nereis	16	6	7	0	8	38
Autres	20	4	9	0	28	38
Oligochètes	29	8	20	2	18	22
Gastéropodes						
Pachymelania fusca quadriseriata	3	3	5	0	0	8
Pachymelania aurita	17	16	25	20	1	10
Tympanotonus fuscatus	6	0	0	0	0	0
Bivalves						
Toredo petiti	3	3	4	3	0	2
Loripes aberrans	0	0	1	0	0	0
Arcopagia sp.	0	0	0	0	1	0
Crustacés						
Macrobrachium sp.	0	0	0	0	0	0
Callinectes amnicola	0	0	0	0	8	6
Alpheus sp.	0	1	0	0	0	0
Metagrapsus curvatus	0	0	0	0	0	0
Insectes						
Chironomides	1	0	0	0	0	0
Nombre total d'individus ($35.10^{-5}/m^3$)	95	41	71	26	68	144
Nombre moyen d'individus ($35.10^{-5}/m^3$)		M = 233 X = 58			N = 219 X = 106	

ont le même nombre d'espèces que quatre points hors branchages. Cette constatation pourrait conduire à la conclusion que le sédiment sous les branchages est beaucoup plus riche en espèces d'invertébrés. Il faut toutefois tenir compte du mode d'échantillonnage qui aurait pu faire fuir certaines espèces mobiles - c'est le phénomène d'évitement applicable surtout dans le cas des crustacés. La précédente conclusion reste tout de même valable pour les polychètes et oligochètes.

L'étude de l'indice de diversité spécifique démontre clairement les fluctuations éventuelles dans le peuplement (stabilité ou instabilité). Nous avons donc, en fonction de la formule de diversité de Ramon Margalef (1957), calculé la diversité au niveau des différents points d'échantillonnage (Tableau 3). Une courbe a ensuite été tracée (Fig. 11) qui montre les fluctuations de l'indice de diversité. Si l'on considère le point 1 (hors branchages) et le point 6 (sous branchages), on note que la diversité est plus élevée sous les branchages qu'en dehors.

Selon Margalef (1957, fide Tahvildari 1976), la nature de la communauté change et la diversité diminue si le stress physiologique augmente à la suite des fluctuations du milieu physique ou de l'accroissement des conditions défavorables en dehors des fluctuations. Sanders (1969, fide Tahvildari 1976) estime, quant à lui, que plus un environnement est "prévisible", c'est-à-dire stable dans un certain sens, plus la diversité est élevée. Ainsi, la diversité spécifique étant plus élevée au niveau du sédiment sous les branchages, celui-ci serait plus stable que le sédiment du milieu sans branchages qui subirait plus les fluctuations du milieu physique. Ceci reste toutefois à vérifier par un mode d'échantillonnage moins stressant.

Tableau 3. Indice de diversité de Margalef (1957).

Paramètres	Stations					
	1	2	3	4	5	6
N	95	41	71	26	68	144
Ln N	4,55	3,71	4,26	3,26	4,22	4,97
d1	20,66	10,78	16,43	7,67	15,87	28,77

Formule de Ramon Margalef : $d1 = \frac{S - 1}{LnN}$

d1 = densité spécifique;
S = nombre d'espèces
LnN = logarithme népérien du nombre d'individus.

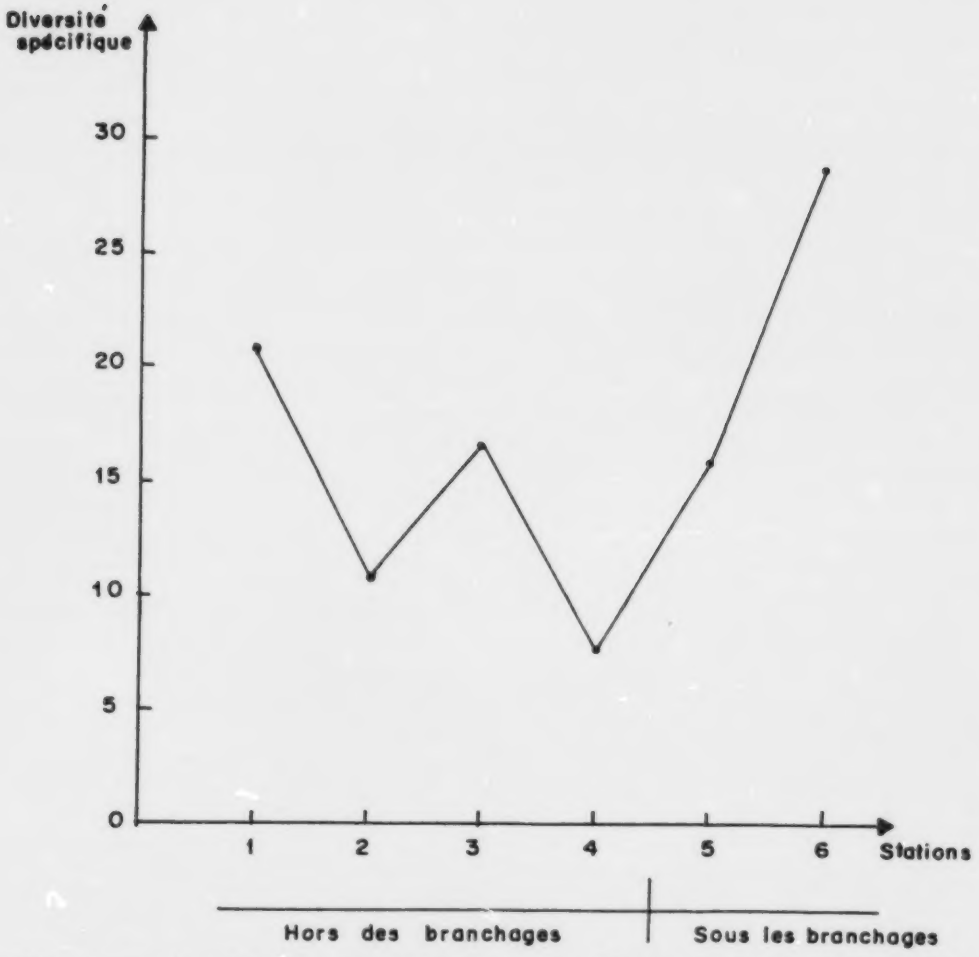


Fig. 11. Fluctuations de l'indice de diversité de Margalef (1957) au niveau des poids d'échantillonnage de l'acadja-enclos.

Composition des contenus stomacaux

L'analyse du contenu stomacal de Sarotherodon melanotheron (échantillonné en novembre 1986) a révélé l'existence de matière ligneuse (végétaux supérieurs) à 60 %, de matière végétale indéterminée (40 %), quelques diatomées telles que Coscinodiscus en débris, Nitzschia, des spicules de Spongilla lacustris et des substances particulaires. On pourrait dire que les échantillons étaient en état de digestion poussée car la pêche en acadja est une opération de longue haleine et le poisson perturbé ne pouvait se préoccuper de sa diète. Les contenus stomacaux des échantillons de mai et juillet 1987 ont une composition plus variée (Tableau 4), du fait que l'échantillonnage a été fait en dehors de la période de récolte. On y trouve, bien entendu, de la matière ligneuse mais

Tableau 4. Espèces d'algues rencontrées dans les contenus stomacaux de Sarotherodon melanotheron.

Matière ligneuse	40 %
Chlorophycées	
Filamenteuses	40
Ulothrix sp.	++[a]
Mougeotia sp.	+++
Filamenteuses indéterminées	+
Phaeophycées	15
Diatomées centrales	
Coscinodiscus	+
Diatomées pennales	
Cymbella sp.	+
Fragilaria sp.	+
Girosigma sp.	+
Navicula sp. 1	+
Navicula sp. 2	+
Nitzschia sp. 1	+
Nitzschia sp. 2	+
Nitzschia sp. 3	++
Nitzschia sigma	+
Skeletonema sp.	+

[a] + = présent; ++ = abondant; +++ = très abondant.

aussi des chlorophycées filamenteuses en forte proportion et des diatomées.

L'existence de la matière ligneuse dans le contenu stomacal atteste du fait de la friabilité de l'écorce des branchages; les poissons en broutant le microphytobenthos en avalent certaines parties. Cette matière ligneuse ne fait que transiter par l'estomac. On voit ici encore un autre des avantages des bambous sur les branchages, car il est évident que l'écorce des bambous ne s'effrite pas, permettant ainsi aux poissons de ne brouter que le périphyton, qui est assurément plus nutrifif.

Les spongilles de Spongilla présentes dans l'estomac de S. melanotheron prouvent que ce dernier broute également les spongiaires d'eau douce localisés dans le niveau 5, ne serait-ce qu'à un faible pourcentage.

La forte proportion de matière végétale trouvée dans l'estomac de Sarotherodon atteste bien du fait que ce poisson est herbivore.

Conclusion

Notre étude des acadja-enclos nous a permis de voir que le périphyton est principalement composé de chlorophycées et de phaephycées. La proportion d'algues filamenteuses est élevée dans les niveaux 3 et 4; les principaux genres sont Ulothrix, Mougeotia et Dicoleon. On y trouve également un nombre important de diatomées pennées, les genres Nitzschia, Navicula et Fragilaria étant les plus abondants. Ces chlorophycées et diatomées sont les plus broutées, du fait de leur position dans le niveau le plus fréquenté (niveau 4) par les poissons. Les invertébrés benthiques rencontrés dans le sédiment des acadja-enclos sont essentiellement les polychètes et les oligochètes. On rencontre surtout les gastéropodes hors des branchages, alors que sous les branchages le sédiment est plus riche en invertébrés. Ce fait serait confirmé par l'indice de diversité qui est plus élevé sous les branchages, entraînant une certaine stabilité au niveau de ce sédiment.

Le niveau 4, zone des chlorophycées filamenteuses, est la principale zone de broutage des poissons. Il est ressorti de notre analyse que Sarotherodon melanotheron broute par à-coups et sans sélection. Son contenu stomacal se compose surtout de chlorophycées filamenteuses, de diatomées et de matière ligneuse. Cette constatation confirme bien du fait que l'acadja-enclos est une structure bien adaptée à la biologie de ces poissons. Car non seulement ces installations leur fournissent un refuge sûr, mais aussi - et surtout - des conditions d'alimentation et de reproduction idéales.

Cette étude permet un début de compréhension du phénomène de l'augmentation de la productivité dans les acadja-enclos. Car, le mode d'alimentation phytophage de ces poissons est d'autant plus favorisé qu'il y a de branchages dont la surface disponible est un lieu privilégié pour la prolifération de la microflore benthique.

Ainsi, nous pensons fortement que l'acadja-enclos ne peut qu'aider à la maximisation de la production de protéines d'origine animale, surtout avec l'utilisation quasi exclusive des bambous qui offrent des avantages incontestables.

Références

Albaret, J.J., Bert, A., Ecoutin, J.M. 1981. Observations sur la pêche d'un acadjavi en Lagune Ébrié. N° 461/AB/gt.

Bourrelly, P. 1966. Les algues d'eau douce. Tome I : Les algues vertes. Éditions N. Boubée & Cie, Paris, France.

——— 1968. Les algues d'eau douce. Tome II : Les algues jaunes et brunes. Chrysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées. Éditions N. Boubée & Cie, Paris, France.

Carpentier, B. 1982. Premières données sur la flore diatomique de la Lagune Ébrié (Côte d'Ivoire). ORSTOM.

Durand, J.R., Chantraine, J.M. 1982. L'environnement climatique des lagunes ivoiriennes. Rev. Hydrobiol. Trop., 15(2), 85-113.

Durand, J.R., Lévêque, C. 1980. Flore et faune aquatiques de l'Afrique sahelo-soudanienne. Tome 1. Éditions ORSTOM, Collection Initiations Documentations Techniques, n° 44, Paris, France.

Guiral, D. 1983. Physicochimie et biogéochimie des eaux et des sédiments à la station d'aquaculture de Layo (Lagune Ébrié, Côte d'Ivoire). Doc. Sc. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan, 14(1), 1-29.

Hem, S. 1982. L'aquaculture en enclos : adaptation au milieu lagunaire ivoirien. Aquaculture, 27(3), 261-272.

——— 1988. Acadjas-enclos : de la pêche de cueillette à la pêche de culture. Atelier international de travail sur la recherche aquacole en Afrique, CRDI, 14-17 novembre 1988, Bouaké, Côte d'Ivoire. 15 p.

Iltis, A. 1984. Biomasses phytoplanctoniques de la Lagune Ébrié (Côte d'Ivoire). Hydrobiologia, 118, 153-175.

Konan, A. 1988. Importance du phénomène de broutage de la microflore benthique dans la chaîne trophique. Soumis à l'Éd. du Centre de recherches océanographiques, Abidjan.

Margalef, R. 1957. La teórica de la información en ecología. Mem. R. Acad. Cienc., Barcelona, 32(13), 373-449.

Pliya, J. 1981. La pêche dans le sud-ouest du Bénin. Agence de coopération culturelle et technique. I.S.B.N. 92-9028-025-5, p. 1-296.

Rabier, J., Klingebiel, A., Lang, J. 1979. Étude sédimentologique de la Lagune de Porto-Novo (Bénin, Afrique de l'Ouest). Bull. Inst. Géol., Bassin d'Aquitaine, Bordeaux, n° 25, 31-55.

Tahvildari, B. 1976. Contribution à l'étude dynamique des variations qualitatives et quantitatives du peuplement benthique d'un fond soumis à des alternances sédimentaires. Thèse de doctorat de spécialité océanographie biologique. Université d'Aix-Marseille.

Welcomme, R.L. 1972. An evaluation of the acadja method of fishing as practised in coastal lagoons of Dahomey (West Africa). J. Fish. Biol., 4, 39-55.

CULTURE OF THE WEST AFRICAN MANGROVE OYSTER (CRASSOSTREA TULIPA) IN THE GAMBIA

Momodou A. Cham
Fisheries Department, 6, Marina Parade, Banjul, The Gambia

Abstract *The existing oyster fishery in The Gambia is characterized by low productivity and is highly labour intensive. Research is being carried out in an attempt to understand the production biology of oysters and to develop low-impact culture techniques applicable in estuarine areas. Spats were collected at two sites using old oyster shells or asbestos plates strung on nylon ropes as collectors. Salinity, temperature, growth, and mortality data were recorded. It was observed that salinity and temperature were within the optimum range as suggested by other workers, that the mean size of the animals between the two sites was not significantly different, and that mortality tended to decrease as the animals became more established on the cultches.*

Résumé *En Gambie, l'ostréiculture se caractérise par une faible productivité et une intensité de main-d'oeuvre. Des recherches sont actuellement en cours afin d'étudier la biologie de la reproduction des huîtres et de développer des techniques de production dans les régions estuariennes. À l'aide de coquilles d'huîtres ou de plaques d'amiante, attachées à des cordes de nylon, on a procédé à la collecte de naissains. Des données sur la salinité, la température, la croissance et la mortalité ont été recueillies. On a constaté que la salinité et la température se situaient dans l'intervalle optimal, selon l'avis d'autres travailleurs, que la grosseur moyenne des huîtres entre les deux endroits n'était pas significativement différente et que le taux de mortalité diminuait lorsque les huîtres étaient bien établies dans les collecteurs.*

Introduction

An existing oyster fishery is in place in The Gambia, but it is characterized by low productivity and is highly labour intensive. The fisherfolk consist mainly of elderly women who either wade in knee-deep muddy waters or use dugout canoes to rack the oysters attached to mangrove roots and branches. Nearby stocks are soon depleted and harvesters have to move farther into the swamps to tap virgin populations.

This indiscriminate method of collection does not allow small individuals much time to grow big enough for market and it reduces available setting space (mangrove roots and branches) for subsequent spats. These factors, combined with the arduous nature of collection, resulted, in part, in the development of this research project. Among others, the objectives included

(1) Describing the production biology of oysters in The Gambia by determining peak spatfalls throughout the year, the sequence of spatting and types of fouling, the preferred depth of setting of spats and other fouling organisms, the growth potential, and monthly growth and mortality rates.

(2) Developing low-input culture techniques applicable in estuarine areas (racks constructed from mangrove poles).

This paper presents the results of trials conducted at a major oyster base, about 50 km west of Banjul, from June 1987 to June 1988.

Methodology

Spatfall monitoring

Spats were collected from three points at site A, about 200 m from the shore:

- along the intertidal mangrove shoreline, directly within natural oyster populations
- from an intertidal rack, constructed about 50 m from the mangrove edge
- from a subtidal rack, about 300 m from the intertidal rack, outward toward the mouth of the estuary

At site B, about 500 m north of site A, two sampling points were established:

- an intertidal rack along the mangrove edge
- a subtidal rack about 150 m upstream from the intertidal rack

At both sites, the same types of collectors were exposed, consisting of old oyster shells strung on 4 mm nylon ropes at 10 cm intervals, and asbestos plates (approximately 10 cm x 8 cm) also spaced at 10 cm intervals. A maximum length of 120 cm was maintained with the intertidal systems to afford complete exposure at maximum low tide. For the subtidal racks, a maximum of 200 cm was used to cover the entire water column, with the last shell/plate (of both systems) about 15-20 cm off the bottom.

The racks were constructed from mangrove poles that line the estuary. The poles were driven into the mud to form a rectangle measuring about 4 m x 5 m, and cross beams were tied to the upright poles to create a grid. From the cross beams, the cultches were hung in the water column to provide a place for spats to settle.

Data were collected on a fortnightly basis and on a weekly basis. The fortnightly exposures were continued from the previous year to facilitate identification because a microscope was not available when fieldwork started. When the microscope arrived in June 1987, cultches were exposed for both 1 week and 2 weeks. Both sets were exposed at the same time, but one set was retrieved after a week, whereas the other set was retrieved after a fortnight. For each sampling station (five stations), the cultches comprised two plate strings and two shell strings per week and per fortnight. Thus, a total of 20 strings were retrieved and exposed per week, and in the second week, a total of 40 strings (20 for a week and 20 for a fortnight) were exposed and retrieved.

The 1 week cultches were examined under the microscope, and a field glass was used to count the 2 week cultches. Spats and any other animal seen were recorded per plate/shell, per depth, per sampling station, etc.

Growth and mortality studies

Fresh, unseparated shell cultches were exposed on 12 December 1986, for a month, to collect spats to grow at site A. The plates were strung at 10 cm intervals, however. On 11 January 1987, the shells were separated, oysters selected (aiming at a maximum of 10 per shell/plate), and spaced at 10 cm intervals. Each animal was measured once every month to note the increase in growth and/or to note mortality. To follow each animal's monthly growth rate, each string was labeled and each plate/shell on the string was numbered, beginning from the topmost. Orienting the plate/shell, the position of each animal was correspondingly mapped on a piece of paper and labeled A, B, C, or D, as the case may be. Each plate/shell on the string was treated in the same manner, until a paper representation of the entire string was constructed for a given site. Thus, the same animal could be measured in subsequent months, and if it was later found to be dead, this would be noted in the space provided on the sheet of paper, the date of death being recorded as the date of the measurement.

Another set of fresh cultches was restrung for grow-out on 20 December 1987, after a month's exposure in November. This set was hung at the intertidal rack at site B following the same method applied to those at site A. The growing period lasted 6 months, January-June 1987 and December 1987 - May 1988, at sites A and B respectively.

On 3 July 1987, another set of cultches was exposed for growth studies; measurements began on 8 August. This set was

abandoned in September because of excessive setting.

After a 6 month growing period, an average monthly growth rate was computed, mortality per month was recorded, etc. (Tables 1-4).

Oceanography

Salinity and temperature readings were obtained each time cultches were retrieved and exposed. Salinity data were obtained using a salinity refractometer purchased from Bio Marine-Aquafauna.

Results

Spatfall monitoring

In spite of several months of missing data, it was determined that the period July-October clearly recorded the greatest number of spats, thus indicating the peak period. Along the mangrove edge at site A, the weekly mean spat count per shell ranged from a minimum of 0.1 in January-February to a maximum of 88.7 in September-October (Fig. 1). During the same period, plates collected a weekly mean range of 0.05-94.6 spats. Of particular significance were the months of August to about the end of September when, over 2 weeks, a total of 2233 spats were recorded, and during 3 weeks of exposure to the end of September, a total of 2826 spats were enumerated.

Barnacles did not seem to pose any problems in terms of fouling collectors. They formed only 4% of the total animal count during the peak period identified.

At the intertidal rack, the weekly mean spat count per shell ranged from 0.05 in February-March to 151.2 in August (Fig. 2). Unlike the mangrove edge, there appeared to be only one significant peak, in July-August, but relatively smaller peaks did occur that corresponded with those peak periods identified along the mangrove edge. This would tend to further strengthen the assumption that the peaks occur simultaneously. Barnacles were not significant. As along the mangrove edge, they formed only 5.1% of the total animals counted.

Figure 3 illustrates settlement at the subtidal rack. This exhibited the highest weekly mean settlement (212.7 spats per shell and 196 spats per plate), recorded in August. As expected, the subtidal cultches were more heavily silted and fouled by hydroids and sea squirts. This did not seem to affect their performance, however, in terms of spat attraction.

Figure 4 illustrates the results observed with the intertidal system at site B. During the peak period (July-October), shells collected a maximum weekly mean of 49.6 spats and plates had 90.0

Table 1. Monthly mean growth and mortality rates on asbestos plates (site A - subtidal rack).

Month	No. of oysters	Growth			Mortality	
		Total growth (cm)	Mean size/ month (cm)	Mean growth increase (cm)	Mortality/ month	%
January	137	115.4	0.8	-	-	-
February	91	158.5	1.7	0.9	46	33.5
March	83	201.3	2.4	0.7	8	8.6
April	41	118.5	2.9	0.5	42*	50.6
May	38	133.4	3.5	0.6	3	7.3
June	34	120.9	3.6	0.1	4	10.5

Total mortality = 103 (75.2%)
Total survival = 34 (24.8%)

*String No. 2 was lost when the rack collapsed on 1 April 1987, but of the remaining strings recorded, mortality amounted to eight oysters.

Table 2. Monthly mean growth and mortality rates on old oyster shells (site A - subtidal rack).

Month	No. of oysters	Growth			Mortality	
		Total growth (cm)	Mean size/ month (cm)	Mean growth increase (cm)	Mortality/ month	%
January	219	226.5	1.0	-	-	-
February	195	401.3	2.1	1.1	24	10.9
March	146	445.8	3.1	1.1	49	25.1
April	126	402.0	3.2	0.1	20	13.7
May	102	361.8	3.5	0.3	24	19.0
June	68	254.9	3.7	0.2	34	33.3

Total mortality = 151 (68.9%)
Total survival = 68 (31.1%)

Table 3. Monthly mean growth and mortality rates on old oyster shells (site A - intertidal rack).

Month	No. of oysters	Growth			Mortality	
		Total growth (cm)	Mean size/ month (cm)	Mean growth increase (cm)	Mortality/ month	%
January	277	280.4	1.0	-	-	-
February	242	467.6	1.9	0.9	35	12.6
March	201	522.9	2.6	0.7	41	16.9
April	160	504.5	3.2	0.5	41	20.4
May	140	503.6	3.6	0.4	20	12.5
June	125	473.5	3.8	0.2	15	10.7

Total mortality = 152 (54.9%)
Total survival = 125 (45.1%)

Table 4. Monthly mean growth and mortality rates on asbestos plates (site B - intertidal rack).

Month	No. of oysters	Growth			Mortality	
		Total growth (cm)	Mean size/ month (cm)	Mean growth increase (cm)	Mortality/ month	%
January	236	159.9	0.7	-	-	-
February	183	271.8	1.5	0.8	53	22.5
March	156	381.7	2.4	0.9	27	14.8
April	150	465.7	3.1	0.7	6	3.8
May	143	529.0	3.7	0.6	7	4.7
June	141	574.1	4.1	0.4	2	1.4

Total mortality = 95 (40.3%)
Total survival = 141 (59.7%)

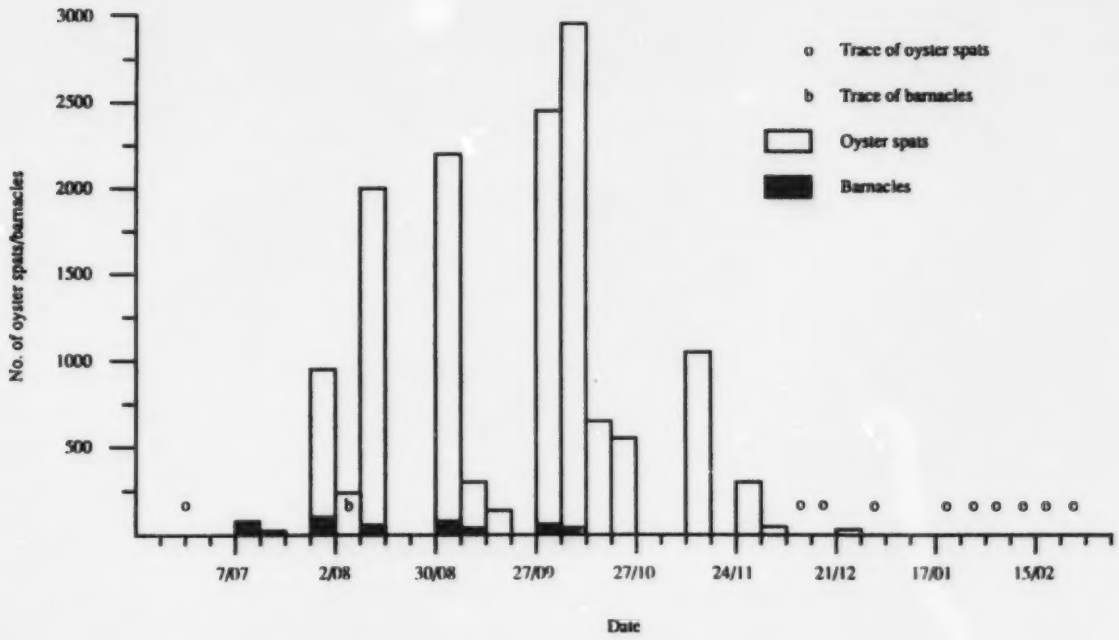


Fig. 1. Weekly oyster spat and barnacle settlement, mangrove shoreline - site A.

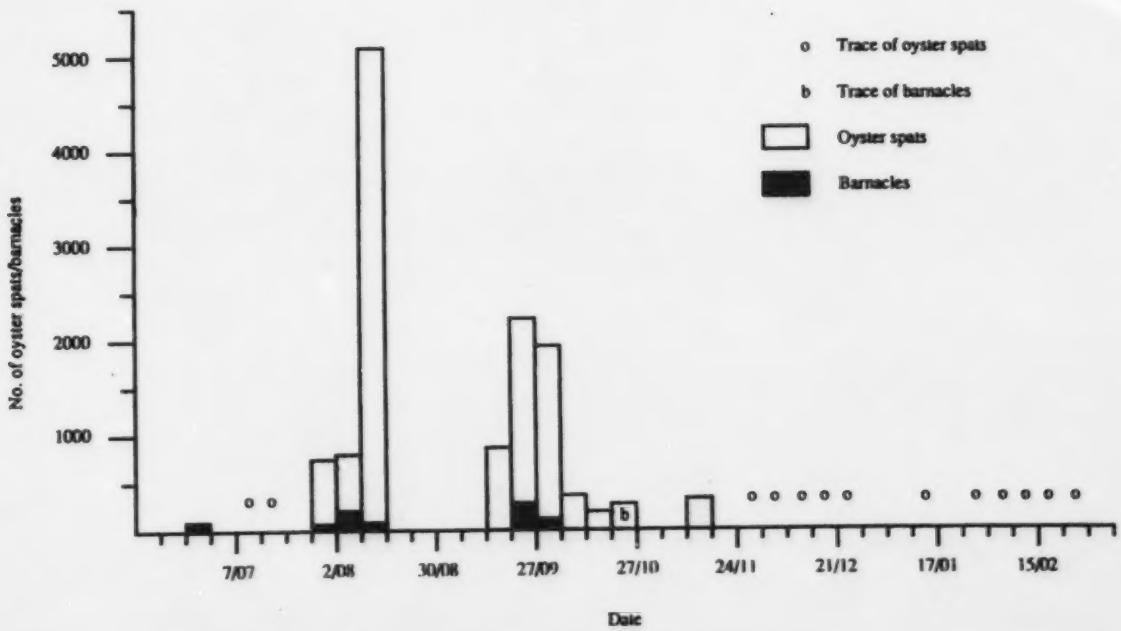


Fig. 2. Weekly oyster spat and barnacle settlement, intertidal rack - site A.

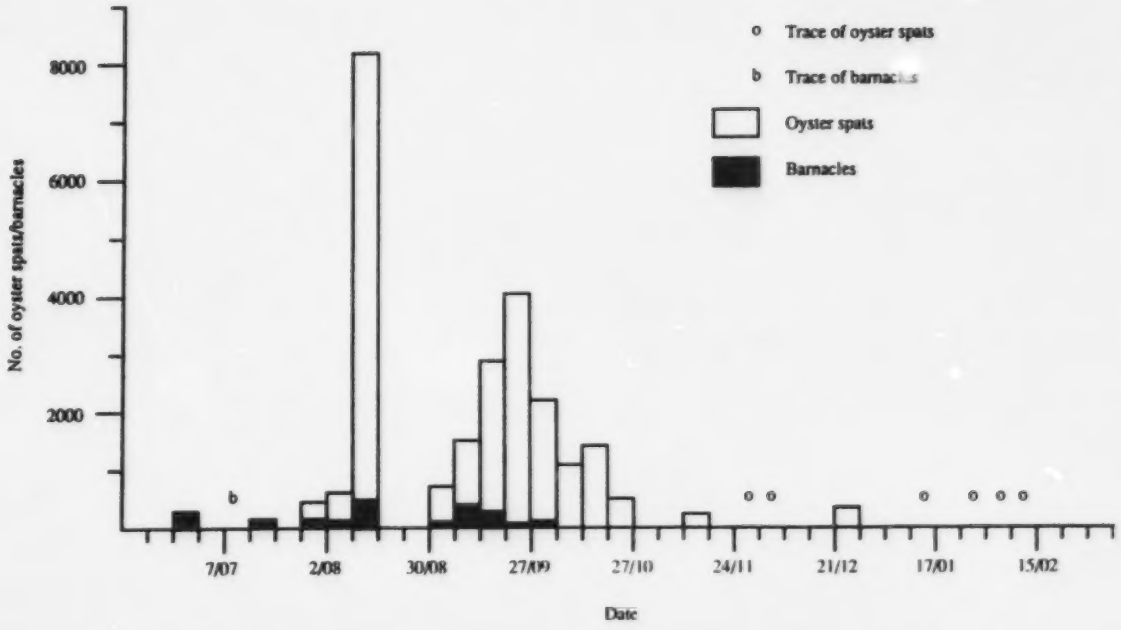


Fig. 3. Weekly oyster spat and barnacle settlement, subtidal rack - site A.

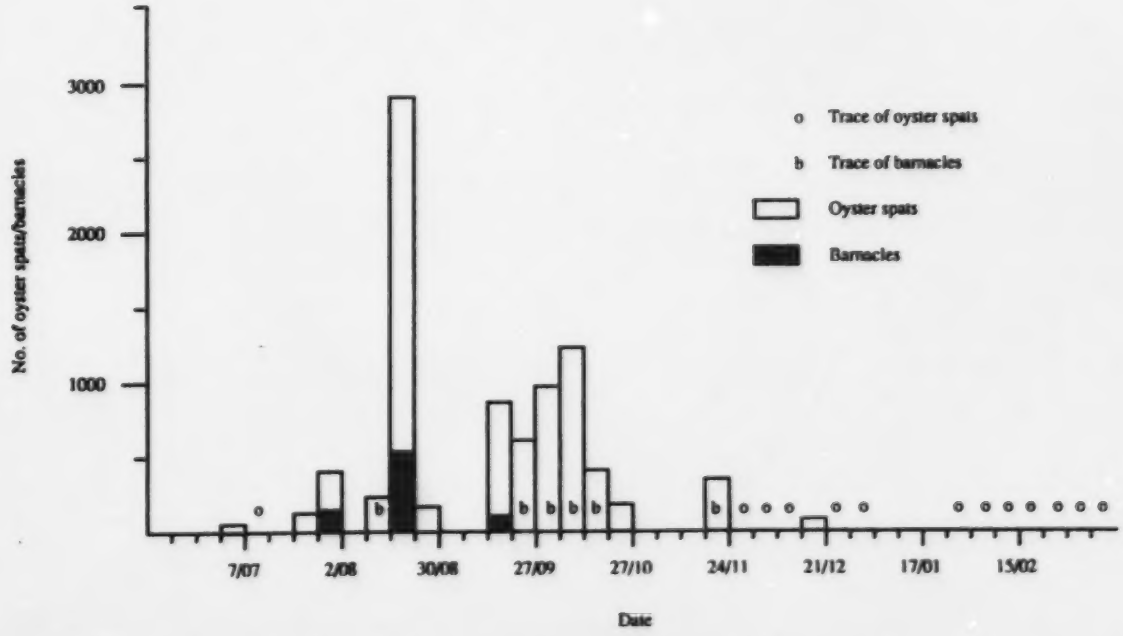


Fig. 4. Weekly oyster spat and barnacle settlement, intertidal rack - site B.

spats. The subtidal rack (Fig. 5) revealed almost the same picture as the other stations, i.e., the peak period occurred at about the same time, with barnacles posing no problems. Like the subtidal rack at site A, the subtidal rack at site B was heavily silted, but with less fouling by hydroids.

In general, there was no apparent preferred depth of settlement shown by either the oysters or the barnacles. This was perhaps due to the shallow nature of the estuary; the maximum depth recorded was 3 m during the high water period.

Growth

Over a 6-month period (January-June and December-May), the maximum size attained was 6 cm, with a minimum of 2.5 cm. However, the 6 cm individuals formed an insignificant number in the population. Generally, there did not seem to be any overall variation in oyster size among the different stations at sites A and B (Tables 1-3).

During the first 3 months of growth, animals at the subtidal rack, in particular, attained a sustained growth rate of about 1 cm/month (Tables 1 and 2). Growth at the other stations was less impressive over the same period. A progressive decline in growth was noted during the last 3 months of the growing period. This phenomenon differs from findings in Sierra Leone where a sustained

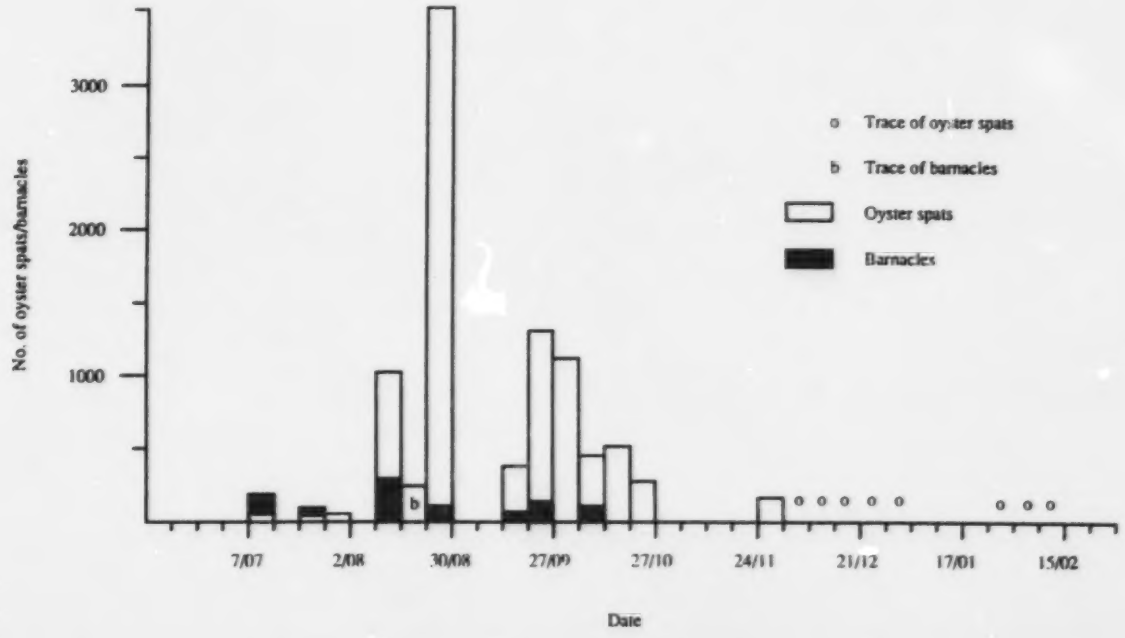


Fig. 5. Weekly oyster spat and barnacle settlement, subtidal rack - site B.

Table 5. Monthly mean temperature and salinity.

Month	Temperature (°C)	Salinity (ppt)
1987		
March	28.0	33.0
April	29.7	34.8
May	31.7	38.0
June	31.0	31.2
July	33.0	34.0
August	32.3	28.1
September	31.6	23.7
October	31.2	14.8
November	29.3	12.2
December	25.9	18.4
1988		
January	22.0	17.5
February	23.0	22.6

Note: May experienced the highest temperature (33°C) and January the lowest (20°C). The highest salinity was recorded in May (40 ppt) and the lowest in November (10 ppt).

growth rate of 1 cm/month was reported, resulting in a mean size of 7 cm in 6-8 months using raft culture (Kamara and Micheill 1976).

In the present study, the mean size recorded in 6 months was 3.7 cm (Tables 1-4). It is worth noting that temperature and salinity values (Table 5) - drastic fluctuations of which tend to affect oyster growth - were within the optimum ranges cited by several authors working in the tropics (Kamara and Micheill 1976; Quayle 1980; Angell 1986). However, growth did not seem to reflect the temperature and salinity values.

The mean size of animals at site B was 4.1 cm. When compared with the size of animals at site A, the difference is not significant.

Mortality

In general, recorded mortality was heavy a month after selection and measurement. This was probably due to stress and, in some cases, inadvertent killing of the animals while cultches were being scraped to reduce overcrowding. The knife could accidentally stray and scratch a nearby oyster, killing it instantly or some time later. In the latter case, the oyster could very well look unharmed and so would be measured and recorded as being alive, only to be found dead the following month.

The subtidal system recorded the highest percentage mortality - about 69% for animals at site A, grown from January to June 1987; whereas the intertidal rack at site A sustained 55% mortality, the highest rate occurring in April (20.4%). The subtidal rack at site A sustained its highest mortality rate in February, 1 month after initial selection and measurement (Table 1). For the intertidal rack at site B (animal growing from December 1987 to May 1988), the highest recorded mortality rate was 22.5% in January (again, 1 month after growing had begun), but the final survival rate was 59.7% (Table 4).

On the whole, mortality tended to decrease progressively as the animals became more established and bigger on the cultches, in spite of relatively heavy silting at the subtidal racks.

Discussion

During the spatfall monitoring exercise, data for May were not available for reasons ranging from the collapse of racks or loosening of strings from racks, and mechanical problems associated with the vehicle and/or outboard engine, to occasional miscalculations on the part of personnel relating to packing the exact number of cultches. In one particular instance, another vehicle was borrowed to pick up the samples from Faraba and upon returning home, the driver's children removed the tags from the strings, making it impossible to identify them. It is recognized that data for the missing periods could have shed more light on the overall picture. Great care is now being taken to avoid, or at least minimize, similar problems in the future.

On several occasions, all or part of a rack collapsed and the cultches were lost. After about 6 months of use, beams, in particular, tended to weaken due to borers (shipworms), resulting in the loss of strings with growing animals and cultches exposed for spat collection. Beams also tended to sag under the weight of the strings, resulting in the last two or three shells or plates lying on the mud bottom. Growing oysters lying on the mud bottom were smothered, and if the cultch was used for spat collection, those lying on the bottom would not attract any spats.

Racks are inspected more often now to detect any apparent weaknesses so that repairs can be made before problems occur.

During the peak spat period identified (July-October), there was an overabundance of spats. Cultches exposed on 12 July for collection (selected and measured in August) had so many spats that it took about 2 days to scrape them to reduce the numbers and create enough space for a maximum of 10 spats per plate/shell. It was almost impossible to locate the previously selected and measured oysters because of later settlements in August-September. It reached a point where the selected animals could no longer be identified; thus, the trial was abandoned.

Because of these problems, collection for grow-out will be carried out either at the end of September or at the beginning of October to avoid excessive settling.

It is hoped that the oysters will grow big enough for easy identification before the onset of the peak spat season. Oysters collected in September-October could be grown throughout the peak spat period also, for they should be less prone to the expected excessive sets of the following year. At the subtidal systems, cultches were so heavily silted that they had to be brushed prior to each measurement period to see and measure the oysters. During this process, thin and newly laid edges were sometimes broken off. It was not unusual for an animal's size to "decrease" after supposedly growing for a month, e.g., it measured 3.1 cm in February and only 2.8 cm in March. This was avoided by vigorously dipping the entire string in the water to reduce, even if only slightly, the silt before measurements were taken. In this way, the incidence of this "regression" in growth was eliminated.

References

Angell, C.L. 1986. The biology and culture of tropical oysters. International Centre for Living Aquatic Resources Management, Rizal, Philippines. ICLARM Contribution No. 315.

Davy, F.B., Graham, M. 1982. Bivalve culture in Asia and the Pacific. Proceedings of a workshop held in Singapore. International Development Research Centre, Ottawa, Canada.

Kamara, A.B., Micheill, K. 1976. Preliminary oyster culture experiment in Sierra Leone. Ministry of Agriculture and Natural Resources, Sierra Leone, occasional paper. 5 p.

Quayle, A.B. 1980. Tropical oysters: culture and method. International Development Research Centre, Ottawa, Canada. IDRC-TS-17e.

EFFECT OF SUCCESSIVE HARVESTING ON THE PRODUCTION OF TILAPIA NILOTICA AND TILAPIA HYBRID REARED IN CAGES FOR 185 DAYS

Amir Ph. Habashy
National Institute of Oceanography and Fisheries,
Academy of Scientific Research and Technology,
101, Kasr Al-Ainy St., Cairo, Egypt

Abstract *Two units of floating cages were positioned in a running water system. Each unit consists of two cages (2 m³ each). One cage from each unit was stocked with Tilapia nilotica, the second with Tilapia hybrid (male T. aurea x female T. nilotica) fingerlings; average weights were 30 and 28 g/fish, respectively, and the stocking density was 100 fish/m³. Supplementary feed was introduced to the fish at a rate of 5% of the total body weight. The first unit was harvested three times at intervals, whereas the second unit was harvested at the end of the experimental period (185 days). T. nilotica in the first unit produced 6.1, 7.3, and 22.4 kg from the three harvests, with an average production of 17.9 kg/m³; whereas T. hybrid in the same unit produced 7.9, 8.0, and 28.7 kg, respectively, with an average production of 22.3 kg/m³.*

For the second unit, harvested only at the end of the experiment, T. nilotica produced 32.2 kg, with an average production of 16.1 kg/m³; whereas T. hybrid produced 40 kg, with an average production of 20 kg/m³.

This study proved that successive harvesting of fish leads to relatively higher production than that achievable with a single harvest. Also, it has been proven that the growth rate of monosex T. hybrid is greater than that of T. nilotica.

Résumé *Nous avons disposé deux paires de cages flottantes mesurant chacune 2 m³ dans un milieu d'eau courante. Une des cages de chaque paire était ensemencée de fingerlings de Tilapia nilotica pesant en moyenne 30 g chacun, et la seconde était ensemencée de fingerlings d'un tilapia hybride (mâles de T. aurea x femelles de T. nilotica) pesant en moyenne 28 g chacun. La densité de peuplement atteignait 100 poissons par m³ et l'alimentation d'appoint était réglée à 5 % du poids corporel total. Les poissons de la première paire de cages ont été récoltés en trois pêches séparées et ceux de la deuxième paire de cages ont été récoltés en une seule pêche, à la fin de la période expérimentale (185 jours). Les*

T. nilotica du premier groupe ont produit 6,1, 7,3 et 22,4 kg, respectivement, pour une production moyenne de 17,9 kg/m³ tandis que les hybrides du même groupe produisaient 7,9, 8,0 et 28,7 kg, respectivement, pour une production moyenne de 22,3 kg/m³.

Par ailleurs, les T. nilotica du deuxième groupe d'élevage ont produit 32,2 kg, soit une production moyenne de 16,1 kg/m³, alors que les hybrides produisaient 40 kg, soit une production moyenne de 20 kg/m³.

Nos résultats portent à conclure que des pêches successives permettent d'obtenir une production relativement plus élevée que le recours à une seule récolte finale. Par ailleurs, nous avons constaté que l'élevage monosexe du tilapia hybride donne une croissance plus rapide que l'élevage de T. nilotica.

Introduction

Experimental work on cage culture started in Egypt in 1979. The aim of performing these experiments is to achieve the optimum production of fish per cubic metre, and to apply the best results obtained through practical trials with farmers and fish breeders.

In all previous experiments involved with raising Tilapia nilotica and monosex T. hybrid in cages, fish production was determined at the end of the rearing period. In the present study, fish were harvested three times at intervals, as well as at the end of the experimental period.

Materials and methods

Site selection

A well-sheltered area was chosen in Al-Menoufy canal, one of the main tributaries of the Nile River. This site is located near the Barrage Fish Research Station, 30 km north of Cairo.

Cage structure

Two units of cages were constructed during February and March 1987, each unit consisting of two cages. Each cage was 2 m x 1 m x 1.5 m. The frame of the cages was made of 0.5 in. (1.3 cm) galvanized pipe. The cages were coated with 1.2 cm mesh nylon netting. The netting in the bottom of each cage and part of the lower sides (about 30 cm high from the base) was lined with a layer of fine mesh, window screen plastic netting to decrease the loss of supplementary feed scattered by the fish.

The cages in each unit were fixed to each other by two iron tubes. Four metal oil drums were fixed to each unit and used as

floats. The cages were positioned such that 0.5 m extended above the water level. Thus, the submerged volume of each cage was 2 m^3.

Fish

Fingerlings of T. nilotica were captured from the rearing ponds of the Barrage Fish Research Station during April 1987 and were stocked in concrete ponds (80 m^2 each) for adaptation before being stocked in the cages. Fingerlings of monosex Tilapia hybrid (produced by crossing male T. aurea with female T. nilotica) were readily stocked in a concrete pond.

Stocking of cages

In each unit, one cage was stocked with T. nilotica fingerlings (average weight 30 g $\pm$ 1.3 g) and the second cage was stocked with Tilapia hybrid fingerlings (average weight 28 g $\pm$ 1.8 g). A stocking density of 100 fish/m^3 was maintained for both species.

Three months from the date of stocking, marketable fish (over 100 g/fish) were removed from both cages of unit no. 1. The length and weight of each fish from the two cages were estimated, and the total weight of the harvested fish from each cage was also determined. New fish from each species, equal in number to the number of harvested fish, were added to each cage from the stock of fingerlings maintained in the concrete ponds of the Barrage Fish Research Station.

The process of thinning out larger fish was performed twice in unit no. 1. At the end of the rearing period, all of the fish in each cage were collected. Total fish production from the three harvests for each cage and the average production per cubic metre were determined. With respect to unit no. 2, the fish in both cages were left alone, without intermediate harvesting, until the end of the experimental period.

This experiment began 15 May 1987 and ended 20 November 1987 (185 days). Random samples of each species of fish in unit no. 2 (at least 50 fish) were taken monthly for length and weight measurements.

Feeds and feeding

Feed quality

The composition and nutritive value of the supplementary feed used in all cages are presented in Table 1. It was formulated from cheap, conventional foodstuffs. Ingredients were prepared by successive grinding through a commercial feed grinder (1/16 mesh).

The feed mixture was prepared in the form of pellets 2 mm in diameter and 6 mm long. The protein content of the diet was 30%. The percentage digestibility of its main components was determined.

Table 1. Composition and nutritive value of the experimental diet for tilapias.

Ingredients	%
Yellow corn	29.4
Rice bran	7.9
Wheat bran	11.5
Soybean meal	25.2
Cottonseed meal	1.7
Fish meal	19.0
Blood meal	1.0
Meat meal	1.0
Cottonseed oil	2.3
Yeast and salts*	1.0
Nutritive value	
Metabolizable energy (Mcal/kg)**	2.75
Crude protein (%)	30.0

* Yeast as crude vitamin B complex 0.5% and commercial sodium chloride 0.5%.
** 1 cal = 4.1868 J.

Feeding pattern

Supplementary feed was introduced to the fish in all of the cages twice each day (6 days per week) at a rate of 5% of the total body weight of the fish in each cage. Half of the feed was spread on the water surface inside each cage in the morning; at noon, the second half was offered to the fish on plastic plates hung in the centre of the cage.

Ecological parameters

Water analysis

Water samples from inside and outside the cages were analyzed monthly to determine the oxygen content, pH value, and nutrient salts.

Natural food

Samples of phytoplankton and zooplankton were taken monthly from inside and outside each cage.

Results

Table 2 lists the production of fish from the two units. From the data presented, it is evident that intermediate thinning out of marketable fish from the cages leads to relatively higher production levels.

Table 2. Summary of stocking, growth, and harvesting data for cage culture of Tilapia nilotica and Tilapia hybrid in Al-Menoufy canal.

	Unit no. 1		Unit no. 2	
	Cage #1	Cage #2	Cage #1	Cage #2
	T. nilotica	T. hybrid	T. nilotica	T. hybrid
Initial average weight/fish (g)	30	28	30	28
First harvest (19/8/87)				
Average weight/ fish (g)	118.2	129.5		
Weight of fish (kg)	6.1	7.9		
Second harvest (3/10/87)				
Average weight/ fish (g)	125.0	159.0		
Weight of fish (kg)	7.3	8.0		
Final harvest (20/11/87)				
Average weight/ fish (g)	138	168	164	225
Weight of fish (kg)	22.4	28.7	32.2	40.0
Total production/ cage (kg)	35.8	44.6	32.2	40.0
Average production/ m^3 (kg)	17.9	22.3	16.1	20.0

The average production of T. nilotica based upon three harvests from unit no. 1 was 17.9 kg/m^3, whereas the production in unit no. 2 based upon one harvest was 16.1 kg/m^3. Similarly, successive harvesting of Tilapia hybrid from unit no. 1 produced an average of 22.3 kg/m^3, whereas the single harvest from unit no. 2 produced 20 kg/m^3.

Table 3 represents the growth, feed conversion, and condition factor for both species in unit no. 2. Table 4 compares diet efficiency for T. nilotica and Tilapia hybrid.

Based upon monthly length and weight measurements for both species in unit no. 2, it is evident that the rate of growth of Tilapia hybrid is greater than that of T. nilotica (Fig. 1).

Chemical analysis of the water in and around the cages and analysis of the presence of natural food indicated an abundance of nutrient salts and phytoplankton and zooplankton organisms. Thus, the water is suitable for cage culture applications.

Table 3. Growth, feed conversion, and condition factor for *Tilapia nilotica* and T. hybrid for 185 days.

	T. nilotica	T. hybrid
Initial average weight per fish (g)	30	28
Final average weight per fish (g)	182	225
Weight gain (g)	152	197
Average daily gain (g)	0.82	1.06
Growth rate (%)	1.02	1.22
Initial average length (cm)	11.1	11.2
Final average length (cm)	20.0	22.2
Gain in length (cm)	8.9	11.0
Condition factor	2.28	2.06
Number of fish per cage	200	200
Mortality rate (%)	8.0	9.5
Survival rate (%)	92.0	90.5
Production rate (kg/m^3)	17.9	22.3
Total feed (g/fish)	391	409
Feed conversion ratio	2.15	2.08

Table 4. Comparison of diet efficiency for *Tilapia nilotica* and T. hybrid (1987-1988).

	T. nilotica	T. hybrid
Survival rate (%)	92	90.5
Average daily gain (g)	0.82	1.06
New fish production (kg/m^3 per month)	2.78	3.39
Feed conversion ratio	2.15	2.08
Price per kg of feed (pt)[a]	12.1	12.1
Cost of feed per kg of fish produced (pt)	26.02	25.17
Feed cost as % of sale price of fish (450 pt/kg)	5.8	5.6

[a] 100 piasters (pt) = 1 Egyptian pound.

Discussion

Coche (1979) observed a monthly production rate of 9-15 kg fish/m^3 in cage culture of *T. nilotica* fed supplementary feed containing 24.7% protein. McLarney (1978) stated that cage culture of *T. nilotica* fingerlings with an average weight of 23 g/fish and a stocking density of 100 fish/m^3 yielded an average production of 2.7 kg/m^3 per month. This production rate is less than that obtained in the present study.

Campbell (1978) observed a production rate of 13.3-17.2 kg/m^3 and Guerrero (1979) mentioned a production rate of 25 kg/m^3 for

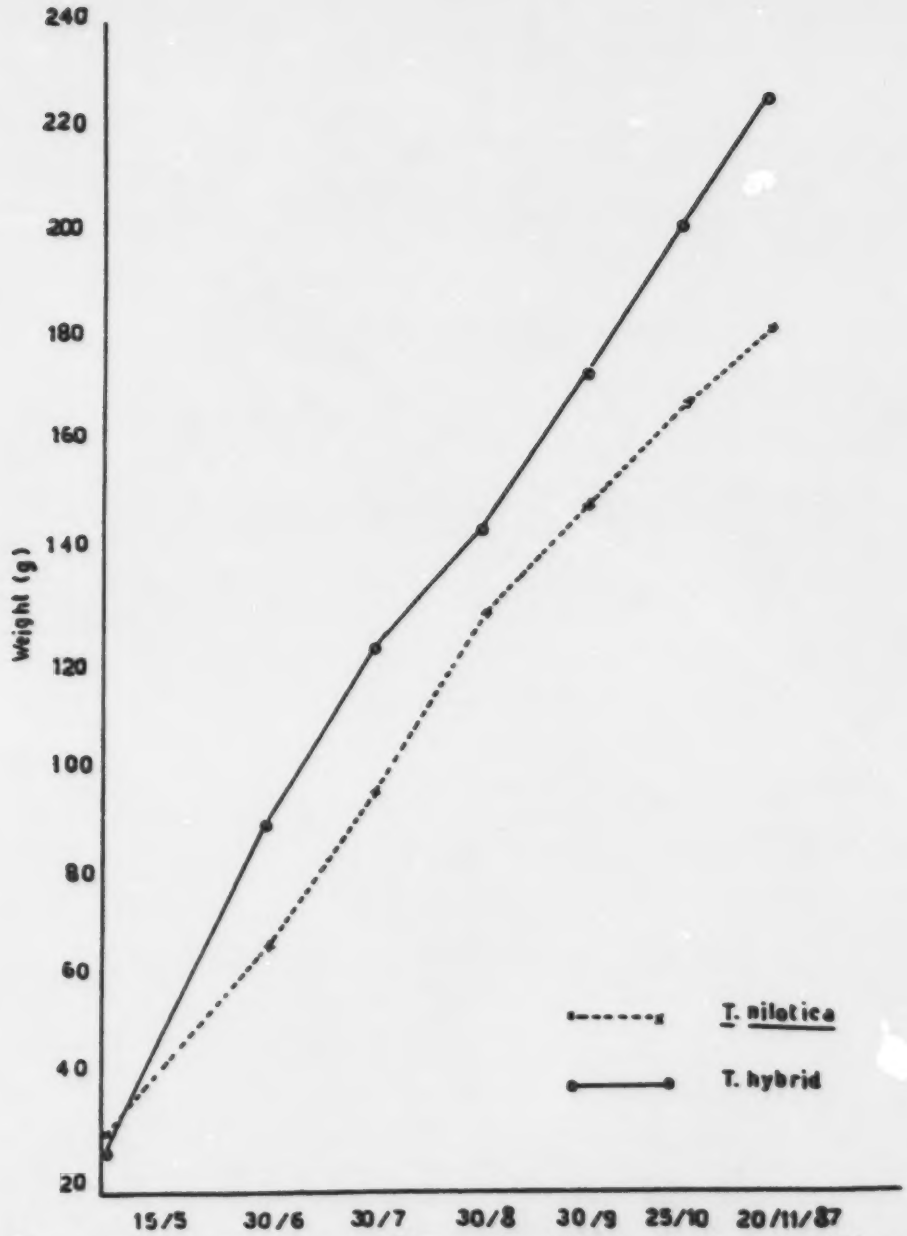


Fig. 1. Weight increase of T. nilotica and T. hybrid reared in cages in Al-Menoufy canal.

T. nilotica when fed supplementary feed containing 24.2% crude protein.

Zohar et al. (1984) used pellets containing 30% crude protein in tilapia feed for a period of 177 days. The initial average weight of the fish used was 66 g/fish. The fish were harvested

twice. The first harvest, 77 days after stocking, yielded 17 t/ha (1.7 kg/m^3); the second harvest, 100 days after the first harvest, yielded 41 t/ha (4.1 kg/m^3). Total production for the two harvests was 54 t/ha (5.4 kg/m^3).

Ishak et al. (1985, 1986) observed average production rates of 14.3, 16.5, and 17.7 kg/m^3 for T. nilotica from 1, 2, and 3 m^3 cages, respectively, reared for 5 months at a stocking density of 50 fingerlings/m^3.

Summary and conclusions

- Successive harvesting of fish from cages leads to relatively higher production levels than those obtained from a single harvest.
- The growth rate of monosex Tilapia hybrid is greater than that of T. nilotica.
- The maximum production levels reached in this experiment were 22.3 kg/m^3 for Tilapia hybrid and 17.9 kg/m^3 for T. nilotica.

References

Campbell, D. 1978. Formulation des aliments destinés à l'élevage de Tilapia nilotica en cages dans le Lac de Kossou, Côte d'Ivoire. Autorité d'aménagement, Centre de développement des pêches dans le Lac Kossou. Rapport technique 45. 26 pp.

Coche, A.G. 1979. A review of cage fish culture and its application in Africa. In Pillay, T.V.R., Dill, W.A., ed., Advances in aquaculture. Fishing News Books Ltd., Surrey, England, 428-441.

Guerrero, R.D. 1979. Cage culture of Tilapia in the Philippines. Asian Aquaculture, 2(11), 6.

Ishak, M. 1985. Development of fish farming in Egypt. Cage culture research project, annual report no. 3. National Institute of Oceanography and Fisheries, Academy of Scientific Research and Technology, Cairo, Egypt.

——— 1986. Development of fish farming in Egypt. Cage culture research project, annual report no. 4. National Institute of Oceanography and Fisheries, Academy of Scientific Research and Technology, Cairo, Egypt.

McLarney, B. 1978. Family-scale aquaculture in Colombia. Professor develops the Peasant Fish Culture Unit. Commercial Fish Farmer Aquaculture News, 4(6), 28-29.

Zohar, G., Rappaport, U., Avnimelelech, Y., Sarig, S. 1984. Results of the experiments carried out in the Genosar Experimental Station in 1983. Cultivation of Tilapia in high densities and with periodic flushing of the pond water.

CONSIDÉRATIONS ZOOTECHNIQUES ET ÉCONOMIQUES SUR L'ÉLEVAGE DE TILAPIA NILOTICA EN CAGES À TOURO (KATIOLA), RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Guido Gorissen
01 B.P. 2450, Bouaké 01
Côte d'Ivoire

Résumé *Ce document décrit les résultats de 4 ans de pisciculture en cages commerciales à petite échelle. Plusieurs modifications ont été apportées au système de départ conseillé par l'encadrement, pour résoudre les problèmes rencontrés - prégrossissement en étang plutôt qu'en cage; utilisation d'une structure supportée sur le fond du lac plutôt que sur des flotteurs (moins cher et plus facile de manipuler les filets); élevage de mâles uniquement; poursuite du grossissement au-delà de 250 g jusqu'à 350 g, taille favorisée par le marché local; commercialisation du poisson vivant. Des techniques pour réduire les problèmes de pistias et des prédateurs sont également décrites. Les données financières complètes pour les 4 ans sont analysées. L'élevage n'a pas encore fait de profit, mais l'éleveur est confiant qu'il pourra opérer à profit une fois tous les problèmes résolus.*

Abstract *This paper describes results of 4 years of small-scale commercial cage culture trials. A number of modifications were made to the original culture system recommended by extension agents - nursery stage is now in ponds rather than in cages; a structure supported on the lake bottom is used to hold cages, rather than a floating structure (less costly, and easier to manipulate cage netting); males only are used in grow-out; grow-out is pursued beyond the 250 g recommended, to produce 350 g fish which are in demand on the local market; live fish are sold in the market. Techniques for dealing with problems of floating weeds and with predators are also described. Complete financial data for the 4 years are analysed. The operation has not yet made a profit, but the farmer is confident that profitable operations will be possible once all the problems are solved.*

Introduction

Dans cet article, M. Gorissen, ingénieur de formation et enseignant en mathématiques au niveau secondaire, nous décrit son expérience d'élevage de Tilapia nilotica en cages, dans la région de Bouaké.

Il nous fait part de ses observations et des difficultés qu'il a rencontrées lors de la mise sur pied de son élevage, ainsi que des solutions trouvées pour y remédier. Il fait également le point sur la situation financière de son exploitation.

Matériel et méthodes

Description du site et des installations

Les huit cages de 30 m^3 sont implantées dans un lac de retenue de ± 10 ha, situé à 37 km de Bouaké sur l'axe Bouaké-Kationa, à Touro. La profondeur du lac varie entre 4,5 m et 3,6 m à l'endroit où sont installées les cages. Les températures extrêmes relevées à 1 m de profondeur sont de 28 °C maximum et 22 °C minimum. La retenue déverse chaque année, entre juillet et octobre. Les étangs d'alevinage sont situés en aval de la retenue, alimentés par des infiltrations souterraines.

Système d'élevage proposé par la structure d'encadrement

Objectif : Produire 600 kg (pm = 250 g) par mois.

1re phase : alevinage en étang de 2 ares.
90 femelles et 30 mâles, alimentation : F 3A à 6 % de la biomasse (F 3A = 70 % farine basse de riz, 20 % tourteau de coton, 10 % farine de poisson). Récolte des alevins après 60 jours à la senne de 6 mm, puis tous les 15 jours.

2e phase : prégrossissement en cages de 3 m^3, maille de 6 mm.
Alimentation : F 3A de la biomasse et ensuite granulés de 2,5 mm de 0 à 30 % de matière protéique brute.

3e phase : grossissement en cages de 30 m^3, maille de 14 mm.
Charge : environ 100 poissons/m^3. Alimentation : granulés de 4 mm de diamètre. Tableau de rationnement : Campbell (voir Tableau 1).

Résultats et discussion

Premier élevage en cages de 30 m^3

La première cage a été chargée le 13 décembre 1984 avec 2 600 fingerlings (sexes mélangés) d'un poids moyen de 30 g, livrés par la Station de la Loka. Ils sont alimentés avec des granulés de 4 mm de diamètre à raison de 0,86 g par poisson.

La première pêche de contrôle est effectuée 30 jours après le chargement de la cage. À partir d'un échantillon de 10 % de la population, on a obtenu les résultats suivants : indice de consommation, 1,18; G.M.Q., 0,91 g par jour; poids moyen, 58 g.

Tableau 1. Rationnement (Campbell).

Poids moyen (g)	Saison chaude		Saison harmattan	
	Quantité de nourriture (g)	% par rapport à la biomasse	Quantité de nourriture (g)	% par rapport à la biomasse
10 - 29	1,0	10 - 3,4	0,6	6 - 2,06
30 - 59	1,5	5 - 2,5	0,9	3 - 1,52
60 - 79	1,7	2,8 - 2,1	1,0	1,66 - 1,26
80 - 99	2,0	2,5 - 2	1,2	1,5 - 1,2
100 - 119	2,3	2,3 - 1,9	1,4	1,4 - 1,17
120 - 139	2,5	2 - 1,7	1,5	1,25 - 1,07
140 - 169	2,7	1,9 - 1,5	1,6	1,14 - 0,9
170 - 209	3,0	1,7 - 1,4	1,8	1,05 - 0,86
210 - 239	3,2	1,5 - 1,3	1,9	0,90 - 0,79
240 - 300	3,2	1,3 - 1	1,9	0,99 - 0,63

La deuxième pêche de contrôle est effectuée 28 jours plus tard. À partir d'un échantillon de 10 % de la population, on a observé les résultats suivants : G.M.Q., 1,80 g par jour; ration quotidienne, 1,7 g par jour; poids moyen, 108 g; indice de consommation, 0,95.

Étonné par un indice de consommation inférieur à 1, et ayant constaté peu de mouvements dans la cage pendant la distribution des granulés, il a été décidé, 30 jours plus tard, de vider la totalité de la cage et d'en contrôler la population.

Il a été dénombré exactement 350 tilapias d'un poids moyen de 152 g. La cage a été démontée de son support pour examen minutieux sur la terre ferme. On a découvert un trou dans un coin dont la couture avait été mal faite. On estime la perte de poissons vivants à 228 kg.

Après la mise en charge de la cage, on avait constaté une mortalité probablement causée par le stress du transport. La mortalité est de 3,52 % de la biomasse et de 5,19 % du nombre des poissons.

> Avant toute installation d'une cage, même neuve, il faut toujours vérifier s'il n'y a pas de trous.

Une deuxième cage de 30 m^3 a été chargée à partir du 25 janvier 1985, en trois fois, avec des populations de tilapia de

poids moyen différent : 1 550 tilapias d'un poids moyen de 15 g; 239 tilapias de poids moyen de 51 g, et 1 010 tilapias d'un poids moyen de 44 g. Ces poissons avaient été livrés par le Centre de production d'alevins de Bouaké.

Ayant constaté une mauvaise croissance, il a été décidé de vider toute la cage et d'effectuer un tri selon la taille. On a obtenu : 2 120 poissons de 37 g de poids moyen, et 523 poissons de 94 g de poids moyen.

Ne pas engraisser des poissons de poids moyens fort différents.

Les 523 poissons de 94 g de poids moyen provenant du tri de la cage 2 et les 350 poissons de 152 g de poids moyen ont été regroupés dans une même cage et engraissés jusqu'à la vente.

Période d'engraissement du 10 mars 1985 au 4 août 1985
On a obtenu les résultats suivants :

Durée	: 148 jours
Poids moyen initial	: 118 g
Poids moyen de vente	: 301 g
Indice de consommation	: 1,6
G.M.Q.	: 1,54 g/j
Mortalité	: 0,19 % de la biomasse
Quantité vendue	: 195 kg à 600 francs/kg

Problèmes rencontrés en 1985 pendant les différentes phases

1re phase

L'étang de reproduction ne fonctionne pas. La reproduction ne se fait pas. Il présente un renouvellement de l'eau très important (49 L/m); l'eau a un aspect brunâtre. Il n'y a pas de production de plancton.

Solution : La digue a été rehaussée et un canal a été creusé pour abaisser le niveau de la nappe et détourner le surplus d'eau. Cette modification a permis de diminuer fortement le renouvellement de l'eau. La reproduction s'y fait normalement.

2e phase

Les alevins d'un poids moyen inférieur à 1,2 g s'échappent des cages de 3 m^3, construites en filet de maille de 6 mm. La perte a été estimée à 80 % du nombre de la population stockée dans ce type de cage.

La croissance est très lente. Voici quelques exemples :

° Exemple 1
Durée : 53 jours (du 11 janvier au 3 février 1985)

Poids moyen initial	:	1,35 g
Poids moyen final	:	2,12 g
G.M.Q.	:	15 mg/j
Indice de consommation	:	6,89
Ration	:	6 % de la biomasse F 3A
Nombre	:	5 017 poissons
Mortalité	:	0 %

° Exemple 2
Durée : 81 jours (du 24 février au 17 avril 1985)

Poids moyen initial	:	5,03 g
Poids moyen final	:	10,73 g
G.M.Q.	:	70 mg/j
Indice de consommation	:	7,99
Ration	:	6 % de la biomasse F 3A
Nombre	:	1 764 poissons
Mortalité	:	0 %

° Exemple 3
Durée : 39 jours (du 18 mai au 24 juin 1985)

Poids moyen initial	:	7,37 g
Poids moyen final	:	11,37 g
G.M.Q.	:	103 mg/j
Indice de consommation	:	4,09
Ration	:	5,4 % de la biomasse, granulés de 2 mm diam.
Nombre	:	2 026 poissons
Mortalité	:	0 %

° Exemple 4
Durée : 79 jours (du 7 avril au 23 juin 1985

Poids moyen initial	:	3,24 g
Poids moyen final	:	11,31 g
G.M.Q.	:	102 mg/j
Indice de consommation	:	3,34
Ration	:	5 % de la biomasse, granulés de 2 mm diam.
Nombre	:	1 609 poissons
Mortalité	:	13,68 % de la biomasse

On constate une meilleure croissance en alimentant les fingerlings avec des granulés de 2 mm de diamètre.

On émet les hypothèses suivantes pouvant expliquer cette mauvaise croissance :

- densité trop forte à l'empoissonnement;
- la farine se disperse et traverse les parois des cages;
- le parcours du granulé est trop court;
- mauvaise circulation d'eau à cause de l'encrassement des filets.

Solution : abandon du prégrossissement effectué en cages. Le prégrossissement sera effectué en étang de 2 ares.

3e phase (cages de 30 m³)

Les manipulations sur les structures flottantes sont très difficiles et provoquent des pertes importantes de poissons qui sortent des cages malgré les couvercles en filet.

Solution : abandon de la structure flottante. Chaque cage sera supportée par un cadre mobile en bois, fixé sur six piliers enfoncés dans le fond du lac. Ce procédé permet de rehausser la cage pendant les manipulations et d'éviter des pertes de poissons. De plus, on diminue l'investissement de 42 % par cage installée.

Nouveau système d'exploitation mis en place progressivement en 1986-1987

- 1re phase : production d'alevins en étangs.
- 2e phase : prégrossissement d'alevins (sexes mélangés) en étang de 2 ares pour obtenir des fingerlings de 25 à 30 g de poids moyen.
- 3e phase : grossissement des fingerlings (sexes mélangés) dans les cages de 30 m³ sur structure fixe.

Autres problèmes rencontrés

En avril 1985, le lac était envahi de pistias qui ont recouvert toute la zone d'élevage. Cela a empêché l'ensoleillement de la zone d'élevage et a ralenti la croissance.

Solution : un câble de nylon d'un diamètre de 7 mm a été installé au ras de l'eau entourant la zone d'élevage, qui est constituée par un carré de 25 m de côté. À l'intérieur de cette zone, on a retiré les pistias. Le câble empêche les pistias de rentrer dans la zone protégée.

En 1986, pendant les mois d'avril et de mai, huit cages (30 m³ et 3 m³) ont été trouées par un prédateur non identifié, causant la perte de plus d'une tonne de poissons. On a constaté que les cages trouées étaient celles qui contenaient les poissons de petite taille, soit inférieure à 100 g.

Solution : la zone d'élevage et chaque cage ont été entourées d'un filet d'une longueur de 160 m, de mailles 30 mm (fil 210/6), et protégeant sur une profondeur de 2,50 m. Depuis la mise en place, il n'y a plus eu de cage trouée. Cependant, le filet de protection d'une seule pièce rendait les manipulations difficiles sur les cages. Des filets de protection d'une longueur de 18 m ont été construits. Chaque cage est équipée d'un filet de protection individuel. Ces filets de protection ont permis de capturer régulièrement des Hepsetus qui, probablement, trouaient les cages.

Croissance mâles-femelles

Plusieurs cages ont fait l'objet d'un tri pour séparer les mâles des femelles et pour déterminer le poids moyen de chaque catégorie.

Premier cas
Nombre de poissons : 2 818 poissons d'un poids moyen de 51 g. On a recensé 1 986 femelles d'un poids moyen de 46 g, et 832 mâles d'un poids moyen de 62 g. Il existe une différence de poids moyen de 16 g entre les mâles et les femelles.

Deuxième cas
Nombre de poissons : 1 286 poissons d'un poids moyen de 70 g. On a recensé 112 mâles de 118 g de poids moyen, 343 mâles de 88 g de poids moyen, et 835 femelles de 56 g. Il existe une différence de poids moyen qui varie entre 31 et 62 g entre les mâles et les femelles.

Troisième cas
Nombre de poissons : 1 760 poissons d'un poids moyen de 134 g. On a recensé 1 180 femelles de 104 g de poids moyen, et 580 mâles de 191 g de poids moyen. Il existe une différence de poids moyen de 86 g entre les mâles et les femelles.

Suite à ces constatations, il a été décidé de ne mettre dans les cages de grossissement que des mâles. On effectuera le sexage des fingerlings à la sortie des étangs de prégrossissement (25 g de poids moyen).

Croissance au-delà de 250 g de poids moyen

On croyait que l'indice de consommation augmenterait considérablement au-delà de 250 g. Voici quelques exemples de croissance qui contredisent cette hypothèse.

- Exemple 1
  Durée : 121 jours (du 8 mars au 29 juin 1987)

  Nombre de poissons : 1 135 mâles de 186 g de poids moyen

Poids moyen initial : 186 g
Poids moyen final : 350 g
G.M.Q. : 1,38 g/j
Indice de consommation : 1,52
Ration : 2,15 g/poisson. Granulés de 4 mm de diam.
Mortalité : 0 %

° Exemple 2
Durée : 93 jours (du 3 avril au 4 juillet 1988)

Nombre de poissons : 91 reproducteurs reformés, sexes mélangés
Poids moyen initial : 292 g
Poids moyen final : 583 g
G.M.Q. : 3,13 mg/j
Indice de consommation : 1,76
Ration : 5,4 g/j. Granulés de 4 mm de diam.
Mortalité : 0 %

Il a été décidé d'amener les poissons pour la vente à un poids moyen de 300 à 350 g. Les poissons de cette taille se vendent plus facilement.

Croissance selon les saisons

On a constaté de bonnes croissances pendant la période de novembre à juin, ce qui correspond à la saison sèche (début des saisons de pluies).

On a constaté une mauvaise croissance pendant la période du mois de juillet à octobre (saison des pluies).

Problème de sexage

Le système de production des alevins (une pêche tous les 15 jours) démontre que les poissons récoltés ont une taille de moins en moins homogène. Cela crée des difficultés pour sexer. Il est plus facile de sexer une population de taille homogène.

Solution : abandon du système de pêche tous les 15 jours. On a mis en place une autre méthode de production d'alevins :

° empoissonnement de l'étang par des reproducteurs;

° pêche effectuée 75 jours plus tard. On retire tous les alevins qui sont placés dans les étangs de prégrossissement (3 000 alevins par étang de 2 ares);

° les reproducteurs sont mis au repos dans une cage pendant un mois.

Un second étang est empoissonné de reproducteurs pour permettre une production mensuelle d'alevins. Cette méthode permet de produire une plus grande quantité d'alevins (7 à 10 kg au lieu de 2 à 4 kg) et d'obtenir des alevins de taille beaucoup plus homogène que la méthode précédente (pêche tous les 15 jours).

Autres observations

Lorsque l'on contrôle la population complète dans les cages de 30 m^3, on constate que les premiers poissons pêchés ont un poids moyen plus faible que les derniers poissons pêchés (Tableau 2).

Ces observations montrent que l'échantillonnage, même de 10 %, est insuffisant pour apprécier valablement la biomasse d'une cage (Tableau 3).

Pour cette raison, la plupart des contrôles ont été effectués sur la totalité de la population. Cette procédure permet d'obtenir une plus grande précision de l'indice de consommation, facteur qui conditionne la rentabilité de l'exploitation et qu'il faut absolument maîtriser.

Tableau 2. Contrôle du 30 juillet 1988.

Cage	Poids total (kg)	Poids moyen	
		Première prise (g)	Dernière prise (g)
1	262	180	220
2	93	200	240
3	88	200	220
7	160	160	200
8	195	230	270

Tableau 3. Quelques observations sur la croissance de prégrossissement en étang.

Durée (jours)	Nombre de poissons en étang	Poids moyen initial (g)	Nombre de poissons contrôlés	Poids moyen final (g)	G.M.Q. (g/j)	Date de contrôle
193	7 000	2	665	27,3	0,131	14/10/88
96	6 800	2,3	428	16,39	0,146	11/09/87
75	3 000	0,96	360	11	0,133	14/10/88
135	3 500	0,9	420	17,1	0,120	19/10/86
127	7 900	2,3	626	12,78	0,081	11/09/87
111	6 020	0,83	742	12,5	0,105	14/10/88
75	3 000	0,96	385	24,5	0,313	14/10/88
187	12 000	1,5	845	42,3	0,218	14/10/88
81	6 000	3	586	10,24	0,089	11/09/88
115	3 250	0,83	385	22	0,184	14/10/88

Les rations

Pendant les premiers mois de l'exploitation, les rations ont été ajustées de manière suivante :

- Première : les rations initiales sont calculées à partir des tables de rationnement établies par Campbell.
- Deuxième : si l'indice de consommation est trop élevé, on diminue la ration jusqu'à l'obtention d'un indice de consommation convenable (inférieur à 2).

L'expérience montre que les rations établies par Campbell pour la saison sèche donnent de bons résultats jusqu'à un poids moyen de 200 g.

Pour des poids supérieurs à 200 g, les rations proposées pour la saison chaude donnent de bons résultats. En général, le pourcentage de la ration par rapport à la biomasse varie de 4 à 2 % pour des poids moyens variant de 30 à 300 g.

Depuis la mise sur pied de l'exploitation, 141 contrôles ont été effectués dans les cages de 30 m^3. Toutes les données ont été enregistrées et traitées par l'informatique avec multiplan.

Quarante-quatre (44) contrôles ont été effectués dans les cages de 3 m^3.

Il a été effectué 36 pêches d'alevins dans l'étang n° 1 et 14 pêches d'alevins dans l'étang n° 2.

Nouveaux investissements

Pour mettre en place le dernier système d'élevage, il a été construit, depuis 1986, huit autres étangs de 2 ares pour y assurer le prégrossissement des alevins.

En juillet 1987, tous les étangs fonctionnaient, de même que les huit cages de 30 m^3. À partir du 15 septembre 1987 jusqu'à à la fin du mois de février 1988, les poissons mis dans les cages ont refusé de manger. Ils venaient tous en surface pour «piper» de l'air. Ce phénomène se manifestait à n'importe quel moment de la journée. On n'a enregistré aucune mortalité sauf lors de quelques contrôles effectués. On a constaté un amaigrissement de 5 à 15 g du poids moyen.

La situation est devenue plus normale à partir de mars 1988. Ce phénomène a bloqué toute la production pendant cinq mois.

Ne sachant pas quand le phénomène s'arrêterait, la production et le prégrossissement des alevins n'ont pas été arrêtés. Cette situation a obligé la vente de 6 000 fingerlings mâles en stock.

Quantités produites

On constate la faible mortalité qui s'est annulée depuis la production d'alevins sur le lieu de l'exploitation (Tableau 4).

Investissements

Le Tableau 5 donne un aperçu des investissements et des amortissements, mis à jour le 1er novembre 1988.

Commercialisation

D'après les résultats financiers du Tableau 6, on peut se demander pourquoi le promoteur de cet élevage poursuit son activité.

Le propriétaire de l'élevage, ayant constaté la bonne croissance des poissons et la forte demande sur le marché, reste convaincu que les problèmes de production pourront bientôt être maîtrisés.

Pour produire 2 000 poissons, l'élevage en cage exige un investissement de 36 000 F CFA, alors que pour produire la même quantité de poissons en étang, il faut investir de 300 000 à 400 000 F CFA pour la construction d'un étang de 10 ares.

Lorsque l'on n'est pas propriétaire du terrain où se trouve l'exploitation, on hésite à faire de tels investissements.

Mode de commercialisation

Le poisson est commercialisé à 600 F CFA/kg. Dans un premier temps, le poisson était vendu non vivant. Cela posait des problèmes de fraîcheur de la marchandise. Dans un second temps, avec l'aide du projet IVC/87/001, on a effectué la commercialisation des poissons vivants, transportés dans des bacs contenant de

Tableau 4. Mortalité (kg) par rapport aux quantités produites, 1985-1988.

Année	Quantités vendues (kg)	Quantités perdues (kg)	Mortalité (kg)	Observations
1985	383	228	10,6	Pistias
1986	204	794	10	Trous dans les cages
1987	1 086	-	2,2	Saison des pluies
1988	635	-	-	En cours
Total	2 308	1 022	22,8	

Tableau 5. Investissements et amortissements, 1985-1988 (Chiffres en F CFA; 300 F CFA approx. = 1 $US).

Désignation	Nombre	P.U.	P.T.	Durée	Amortissement annuel
Investissements - 1985					
Étangs, 2 ares	2	80 000	160 000	20	8 000
Structure flot	1	120 000	120 000	10	12 000
Cages, 30 m³	3	25 000	75 000	5	15 000
Barque	1	52 000	52 000	4	13 000
Épuisettes	3	4 000	12 000	3	4 000
Table tri	1	6 000	6 000	5	1 200
Sceaux	6	1 000	6 000	3	2 000
Peson, 5 kg	1	21 000	21 000	5	4 200
Peson, 50 kg	1	25 000	25 000	5	5 000
Senne, 6 mm	1	36 000	36 000	10	3 600
Poteaux	60	1 000	60 000	5	12 000
Cadres cages	8	5 000	40 000	5	8 000
Cages, 3 m³, 6 mm	5	15 000	75 000	5	15 000
Cages, 3 m³, 14 mm	2	15 000	30 000	5	6 000
Total			718 000		109 000
Investissements - 1986					
Moto Suzuki	1	75 000	75 000	5	15 000
Cages, 30 m³	3	26 000	78 000	5	15 600
Plate-forme	1	30 000	30 000	2	15 000
Étangs, 2 ares	3	80 000	240 000	20	12 000
Filets protection	2	15 000	30 000	5	6 000
Total			453 000		63 600
Investissements - 1987					
Cages, 30 m³	2	27 000	54 000	5	10 000
Étangs, 2 ares	5	80 000	400 000	20	20 000
Mazda	1	500 000	500 000	5	100 000
Total			954 000		130 800
Investissements - 1988					
Plate-forme	1	30 000	30 000	5	6 000
Câble électrique	1	10 885	10 885	5	2 177
Total			40 885		8 177

Total des investissements, 1985-1988 = 2 265 885

Amortissement annuel		Amortissement mensuel	
1985	109 000	1985	9 083
1986	172 600	1986	14 383
1987	303 400	1987	25 283
1988	290 577	1988	24 215

N.B. : Le propriétaire de l'élevage de tilapias en cage a commencé, en avril 1985, un élevage de moutons (race djallonké) sur le même site. L'effectif en octobre 1988 atteignait 587 têtes. Ainsi, certains investissements sont partagés entre les deux spéculations. Il en est de même pour l'utilisation de la main-d'oeuvre.

Tableau 6. Résultats financiers, 1985-1988.

Année	Quantité vendue (kg)	Prix de revient/kg (F)	Situation financière (F)
1985	383	1 845	- 476 906
1986	204	3 508	- 1 047 867
1987	1 086	909	- 1 357 623
1988 (fin d'octobre)	635	1 269	- 1 439 232

l'eau et munis d'agitateurs électriques. Cette méthode de vente élimine les problèmes de conservation et est très appréciée par le client qui a la certitude d'une marchandise de première fraîcheur.

Les dernières ventes ont été effectuées par quantité minimum de 3 kg pour éviter des pertes dues aux approximations de pesée.

Prix de l'aliment

Farine F 3A : 42 F CFA/kg
Granulés : 108 à 120 F CFA/kg

Tableau 7. Bilan financier, 1985-1988.

Désignation du poste budgétaire	1985			1986			1987			1988		
	Total	% dép.	PR/kg	Total	% dép.	PR/kg	Total	% dép.	PR/kg	Total	% dép.	PR/kg
Vente alevins										3 000	0,4	5
Vente mâles, 25 g							20 000	2,0	18	25 000	3,1	39
Vente géniteurs				122 400	17,1	600	657 700	66,8	606	386 300	47,9	608
Vente poissons	229 800	32,5	600	22 200	3,1	109						
Revenus divers												
Total revenus	229 800	32,5	600	144 600	20,2	709	677 700	68,6	624	414 300	51,4	652
Total salaire	180 000	25,5	470	192 000	26,8	941	207 000	21,0	191	210 000	26,1	331
Déplacement	55 000	7,8	144	55,000	7,7	270	55 000	5,6	51	45 000	5,6	71
Amortissement	108 996	15,4	285	172 596	24,1	846	303 396	30,7	279	242 140	30,1	381
Farine F 3A	44 100	6,2	115	54 600	7,6	268	90 300	9,1	83	56 700	7,0	89
Granulés	227 875	32,2	595	201 960	28,2	990	288 700	29,2	266	220 000	27,3	346
Entretien d'installation				19 915	2,8	98				7 300	0,9	11
Frais de commercialisation				7 470	1,0	37	30 750	3,1	28	19 315	2,4	30
Gestion				3 020	0,4	15				5 200	0,6	8
Fongibles	29 660	4,2	77				8 000	0,8	7			
Moto Suzuki							3 750	0,4	3			
Camionnette Mazda												
Transport	8 425	1,2	22				560	0,1	1			
Imprévus				9 000	1,3	44						
Achat alevins	52 650	7,5	137									
Achat géniteurs												
Achat mâles, 25 g												
Total dépenses	706 706	100,0	1 845	715 561	100,0	3 508	987 456	100,0	909	805 665	100,0	1 269
Balance des revenus et dépenses	- 476 906			- 570 961			- 309 756			- 391 365		
Cumul de la balance	- 476 906			-1 047 867			- 1 357 623			- 1 439 231		

Note : Le bilan financier pour 1988 a été établi sur la période de janvier à octobre inclusivement.

CATFISH CULTURE

PISCICULTURE DU POISSON-CHAT

PREMIER BILAN DES ESSAIS DE PRODUCTION EN MASSE DE *CLARIAS* À L'ÉCLOSERIE DE LOKA, BOUAKÉ

Jacqueline Vagba Nugent
Projet de développement de la pisciculture en milieu rural
01 B.P. 494, Bouaké 01
Côte d'Ivoire

Résumé *Ce document décrit les techniques et résultats d'une écloserie en vraie grandeur pour le Clarias anguillaris. La philosophie de l'écloserie est d'utiliser les moyens les moins sophistiqués possibles, afin de maximiser l'accessibilité des techniques. Le reproduction est réalisée à l'intérieur d'un bâtiment dans des auges en bois peint, en utilisant des nauplii d'artemia comme premier aliment; les auges sont régulièrement désinfectées. L'alevinage (à partir de frais de 3 jours) se passe dans des étangs de superficie entre 2 et 5 ares, qui sont fertilisés afin d'encourager la production de zooplancton. Quelques critères de sélection des géniteurs sont décrits; les femelles de petite taille donnent de bons résultats. La survie des frais a augmenté de 27 % au début des expériences à 59 % à la fin. Pour l'alevinage, la survie moyenne est de 7 %, variant entre 0 et 68 %. Le meilleur taux de survie est observé à 100 individus/m². Parmi les contraintes à une meilleure survie des alevins, sur lesquelles des recherches sont en cours, on note la prédation (la pose de clôtures a beaucoup aidé) et la disponibilité d'aliments naturels (zooplancton). Un bon niveau de gestion de la station est nécessaire pour assurer de bons résultats.*

Abstract *This paper describes techniques and results of a production-scale hatchery for Clarias anguillaris. The hatchery is based on the philosophy of using the simplest techniques possible, techniques which can therefore be widely used. Spawning and larval rearing are done inside a building, in tanks made of painted wood, using artemia nauplii as first food; the tanks are regularly disinfected. The nursery phase (starting from 3-day larvae) is in ponds of area 2-5 ares, which are fertilised to stimulate zooplankton production. Selection criteria for broodstock are given - small females give good results. Larval survival increased from 27% at the start of trials to 59% at the end. Survival through the nursery phase averaged 7% (ranging from 0-68%). Maximum survival rate was 100 individuals/m². Constraints on better survival in the nursery phase, which are presently being researched, include predation (fencing ponds has decreased losses to predation) and availability of natural food (zooplankton). Careful station management is essential for good results.*

Introduction

Depuis plusieurs années, de nombreux auteurs et pisciculteurs ont reconnu que le silure africain, Clarias, a un potentiel certain en aquaculture, grâce à ses qualités de croissance rapide, sa robustesse, sa flexibilité alimentaire, et sa popularité auprès des consommateurs. Cependant, les problèmes posés par l'alevinage en masse de ce poisson ont jusqu'ici empêché l'adoption courante de son élevage. Des recherches et des travaux ont été menés pour résoudre ces problèmes, mais la plupart sont restés à une échelle expérimentale.

Ce document présente le bilan des deux premières années de fonctionnement d'une écloserie visant la production des alevins de Clarias en vraie grandeur. Les méthodologies employées ayant été adaptées de celles mises au point ailleurs, cette expérience a pu confirmer la valeur de certaines de ces méthodes, tout en clarifiant la définition d'autres. Plus particulièrement, elle présente les résultats obtenus, non pas dans les conditions relativement fastidieuses d'un laboratoire ou d'une station de recherche, mais dans des conditions "vraies" rencontrées sur le terrain. Du fait que les analyses tiennent compte d'un ensemble de données, bonnes et mauvaises, obtenues avec les contraintes et les difficultés caractéristiques d'un tel travail dans la région, ces résultats permettront à d'autres de mieux juger ce dont ils peuvent attendre de leurs projets similaires.

À cet effet, nous pouvons dire que notre philosophie de conception de l'écloserie est l'utilisation de moyens les moins sophistiqués possibles, rendant ainsi la technique plus accessible aux utilisateurs de Côte d'Ivoire et de l'Afrique. Bien que de nombreux aspects des méthodes aient été inspirés par les expériences menées à Bangui (Janssen 1985), nous avons voulu éviter une simple transposition d'une écloserie du type européen, relativement chère et difficilement réplicable dans les conditions africaines.

Cette méthode a déterminé les choix adoptés au niveau des techniques et de l'infrastructure réalisée; certains de ces choix se sont avérés justifiés et parfois pourraient être encore simplifiés, d'autres sont encore perfectibles.

Les travaux sont divisés en deux phases distinctes : la reproduction en écloserie et l'alevinage en bassin en terre.

Reproduction

Les premières expériences de reproduction naturelle de Clarias étant jugées trop aléatoires pour l'alevinage systématique de l'espèce (Micha 1973; Nugent 1975), des essais de reproduction induites par injection d'hormones (DOCA, acétate de desoxycorticosterone) ont été réalisés par Micha (1973), Micha et de Kimpe (1974) et Pham (1975), avec des résultats satisfaisants. Hogendoorn (1980) avait réussi des essais d'induction de reproduction par des

extraits d'hypophyse. C'est donc cette méthode de reproduction induite qui a été adoptée.

L'écloserie a donc été conçue pour les manipulations de la reproduction induite, l'éclosion des oeufs, et l'élevage des frais pendant un maximum de 15 jours à l'intérieur du bâtiment. Nos études et mises au point de techniques ont porté sur :

- le choix de géniteurs, notamment des femelles; taille des poissons, aspect corporel et des ovocytes;
- l'incubation des oeufs jusqu'à l'éclosion;
- l'élevage de frais dans des auges et le maintien des conditions favorables;
- l'utilisation des nauplii d'artemia pendant les premiers jours de nourrissage des alevins.

L'objectif initial fixé pour l'écloserie a été la production de 600 000 alevins de 6 à 10 jours par an (Projet IVC PNUD/FAO/MINEFOR).

Une capacité de stockage a également été prévue à l'intérieur du bâtiment pour le maintien de géniteurs. Clarias a été reconnu comme un poisson à reproduction saisonnière par plusieurs observateurs qui ont suivi son cycle de reproduction naturel. Cette période correspond à la saison des pluies; en Côte d'Ivoire, le Clarias anguillaris (sénégalensis) fraient de juillet à novembre sur le lac Kossou (Jocque 1977). À Bangui, la suppression partielle de ce cycle a été obtenue grâce à un stockage de géniteurs en milieu clos, permettant ainsi d'obtenir la reproduction continue pendant toute l'année (Janssen 1985); ce procédé a aussi été adopté sur la Station de Loka.

Alevinage

L'élevage des alevins jusqu'à une taille convenable (>3 g) à l'intérieur de l'écloserie s'est avéré très onéreux ailleurs. Tout d'abord, cela demande une infrastructure beaucoup plus grande et sophistiquée, donc plus chère, et demande une gestion plus lourde. Aussi a-t-il été constaté que le nourrissage des frais avec des aliments artificiels inertes est problématique (Janssen 1985; Huisman et Richter 1987), et que le zooplancton (surtout vivant) est préférable. L'utilisation continue d'artemia est une solution, mais nous avons opté pour l'alevinage en bassin en terre fertilisé pour favoriser la disponibilité de zooplancton naturel.

Dans ce cas, nos études et mises au point de techniques portent sur le traitement des étangs, la densité d'empoissonnement et l'alimentation artificielle des alevins.

Matériel et méthodes

Site

Le Centre de production d'alevins de Loka est situé à 25 km de Bouaké, Côte d'Ivoire, en aval d'un barrage de la Société des eaux, à partir duquel la ville de Bouaké est assurée en eau. Le site du Centre de production d'alevins a été déterminé par l'existence de ce barrage. Les sols sont sablonneux, limono-sablonneux, avec de fréquents effleurements de granites.

Écloserie

Le bâtiment principal, d'une superficie de 100 m^2, est de construction simple. Il comprend une salle de reproduction/incubation, un laboratoire pour les manipulations des produits, etc., et un petit bureau.

L'alimentation en eau est faite par gravité à partir d'un siphon installé dans le barrage de Loka. Cette eau est conduite du lac dans des tuyaux de PVC. Aucun conditionnement de l'eau n'est fait, sauf un filtrage grossier pour enlever les grosses particules, faune, etc. Le tuyau primaire à l'entrée du bâtiment est de 100 mm de diamètre.

Une quantité limitée de courant (12 V, courant continu) est fournie par un dispositif d'énergie solaire. Ce dispositif a été prévu pour assurer l'éclairage, l'aération des oeufs d'artemia, et l'aération dans les auges lors de problèmes avec l'alimentation en eau. Il comprend 10 panneaux de 40 W, 735 Ah de stockage en batterie.

L'écloserie est équipée de :

- six auges de 2,0 x 0,45 x 0,17 m, chacune alimentée en eau séparément. Elles sont fabriquées en bois et peintes pour assurer l'étanchéité. Pendant l'incubation des oeufs, ces auges sont équipées avec des caisses incubateurs de principe «californien», aussi en bois et munies d'une toile moustiquaire sur laquelle sont étalés les oeufs pour l'incubation.

- quatre bacs de stockage de géniteurs dont l'étanchéité est assurée par des fibres de verre.

Étangs

Pour le prégrossissement des alevins en bassin, nous disposons de 8 étangs de 2 ares chacun, et 3 étangs de 5 ares chacun. Ces étangs sont clôturés avec un mur en béton surmonté de tôle - du type utilisé couramment pour les toitures de maison - afin de limiter la présence des grenouilles, grandes prédatrices dans les étangs.

Espèces

La plupart des expériences sur le Clarias ont employé l'espèce Clarias gariepinus (Burchell) (p. ex., Clarias lazera) (Teugels 1986). Cette espèce existe en Côte d'Ivoire, d'après Daget et Iltis (1965), mais elle serait rare par rapport à une autre espèce très similaire, le Clarias anguillaris (Linnaeus) (p. ex., Clarias sénégalensis). Les premiers essais en 1985-1986 portaient sur C. gariepinus, mais d'un stock maintenu à la Station de l'IDESSA d'origine de l'Afrique centrale. Cependant, pour les travaux entrepris depuis cette date, nous avons utilisé le Clarias anguillaris.

Méthode de reproduction

Les critères de sélection des géniteurs ont été adaptés de ceux proposés par Micha (1973) et Janssen (1985). Ce sont :

- l'état de l'abdomen de la femelle : il doit être balloné;
- l'état des ovules : ceux-ci doivent être d'une coloration vert-olive;
- le diamètre des oeufs : ils doivent être de 1 mm.

Quant aux mâles, aucun signe extérieur ne permet de savoir s'ils sont aptes à la reproduction. Le choix est donc fait au hasard parmi des sujets en bon état de santé.

Après la sélection de géniteurs, l'injection est faite avec l'hypophyse séchée de carpe, à raison de 4 mg/kg de poids vif du poisson. L'extraction des ovules se fait après un temps de latence déterminé en fonction de la température; ce temps varie entre 7 à 12 h pour les températures allant de 30 à 24 °C. Le poids des géniteurs est enregistré.

Les mâles ne sont pas fluants; ils sont sacrifiés pour l'obtention de la laitance pour la fécondation des ovules. Après fertilisation, la quantité d'oeufs recueillis est notée.

L'incubation des oeufs fertilisés se fait dans les caisses d'éclosion placées dans l'eau courante dans les auges. Le temps d'incubation est fonction de la température de l'eau; elle peut durer de 20 à 29 h pour des températures entre 30 et 24 °C. L'éclosion peut s'étendre sur 2 à 3 h (Janssen 1985). Le taux d'éclosion est estimé à partir d'un échantillon de plusieurs centaines d'oeufs observé dans le laboratoire.

Après l'éclosion, les frais passent à travers les mailles de toile moustiquaire pour entrer dans l'auge. Les trois premiers jours de cet élevage ne présentent pas de difficulté majeure. Les larves possèdent encore leur vésicule vitelline; elles ne sont donc pas nourries. Elles ont seulement besoin d'une eau courante de bonne qualité et d'une bonne hygiène.

Le matériel utilisé est régulièrement désinfecté. Compte tenu des risques de maladies, il faut signaler que, depuis l'incubation des oeufs et l'éclosion jusqu'à la sortie, des traitements préventifs sont appliqués à différentes doses, selon les étapes suivantes :

- Pendant l'incubation des oeufs : on utilise le vert de malachite contre les champignons à 2,5 ppm, 2 fois par jour.

- Après l'éclosion : pendant les 15 jours d'élevage, on utilise un dosage journalier de vert de malachite (0,05 ppm) avec le furaltadone (10 ppm) et l'oxytetracycline (50 ppm). Les nettoyages des auges sont effectués tous les jours.

Le troisième jour après l'éclosion, c'est-à-dire la résorption vitelline, nous nourrissons les jeunes frais avec des nauplii d'artemia, obtenus à partir de cystes d'artemia.

Méthode d'alevinage

Pour l'alevinage en étang, nous utilisons 8 étangs de 2 ares chacun, et 3 étangs de 5 ares chacun. Ces étangs ont été clôturés contre l'invasion des grenouilles, nombreuses dans le marais près des étangs. Avant l'empoissonnement, les étangs sont fertilisés de la façon suivante :

- avant la mise en eau : chaulage avec 5 kg de chaux/are;

- après la mise en eau : fumier (20 kg/are), urée (1,6 kg/are), et superphosphate (0,4 kg/are).

Après la première semaine, les quantités sont réduites au quart. La fertilisation est faite deux fois par semaine avec les les éléments.

Nous prélevons l'eau des étangs tous les deux jours afin de s'assurer d'une bonne fertilisation, c'est-à-dire une quantité suffisante de zooplancton. En général, en trois ou quatre jours, nous avons une bonne fertilisation, et c'est alors que nous procédons à l'empoissonnement. Les jeunes frais d'environ 30 mg sont mis en étang. La densité à l'empoissonnement est normalement de 100 alevins au m^2, mais ce chiffre varie en fonction de la disponibilité des alevins. En 1988, des expériences ont été faites avec des densités plus élevées, allant jusqu'à 650/m^2. À partir du septième jour, les alevins sont nourris avec une farine composée de 33 % de farine de poisson, de 33 % de farine basse de riz, et de 33 % de tourteaux de coton.

Une pêche de contrôle a lieu après 15 jours, suivie par une vidange à 4-5 semaines. Ceci pourrait, cependant, être plus long si les alevins sont jugés trop petits pour la senne.

Résultats et discussion

Reproduction

Le Tableau 1 présente les résultats de 138 injections faites en 1987 et en 1988 (mai à octobre).

Entre 1987 et 1988, on a enregistré une évolution dans le poids moyen des géniteurs, due sans doute au vieillissement du stock sur la station; en même temps, nous avons noté une diminution dans la fécondité - quantité d'oeufs par kg du poids corporel de la femelle. Le nombre d'oeufs (85 000-89 000) incubés par auge (de 0,153 m^3) est resté constant, tout comme pour le nombre total des oeufs (3,7 à 3,9 millions) et le taux d'éclosion (65-67 %).

En ce qui concerne le choix des géniteurs, les éléments assez subjectifs - l'aspect général des géniteurs et l'aspect et la couleur des oeufs - ont été respectés dans la mesure du possible; dans les cas où nous avons eu quelques réserves sur les choix effectués, la plupart ont eu un taux d'éclosion inférieur aux résultats attendus, sans pouvoir en chiffrer l'effet. On a donc conclu qu'il fallait tenir compte de cet aspect du choix des géniteurs.

Par contre, des résultats chiffrés ont été dégagés sur la fécondité et l'efficacité de géniteurs de différentes tailles. Les jeunes femelles, de taille relativement petite, ont une fécondité au moins aussi importante (Fig. 1) que les plus grandes; il y a même une tendance à une meilleure fécondité parmi les petits poissons, mais il existe une variabilité assez marquée. Le poids des géniteurs n'a pas d'incidence sur les stades ultérieurs de l'élevage de frais (Fig. 2). Il est donc possible d'employer des géniteurs de petite taille, pour lesquels nous avons une préférence sur le plan pratique pour leur facilité de manipulation par rapport aux grands poissons. Il est entendu que les poissons choisis à cette taille sont des plus performants (donc jeunes) et non pas des petits sujets à croissance lente. Ce constat nous démontre que le temps minimum de génération est de 8 mois, ce qui pourrait être favorable à la mise en oeuvre d'un programme de sélection génétique.

Le taux d'éclosion (en moyenne, 66 %) reste assez constant pendant l'année (Fig. 3), et semble indépendant des autres variables. Comme pour la fécondité, les petits géniteurs femelles donnent d'excellents résultats, souvent supérieurs aux grands poissons. À plusieurs occasions, le faible taux d'éclosion des ovules de plusieurs femelles fécondées par un même mâle a été attribué à la mauvaise fertilité de ce mâle.

Il n'est pas évident que les conditions limnologiques de l'eau venue directement du lac influence ou non le taux d'éclosion. Nous avons un système rudimentaire de filtration, utilisé par précaution pour éviter l'étouffement des oeufs et des jeunes frais. Jusqu'à maintenant, ce système s'est avéré satisfaisant.

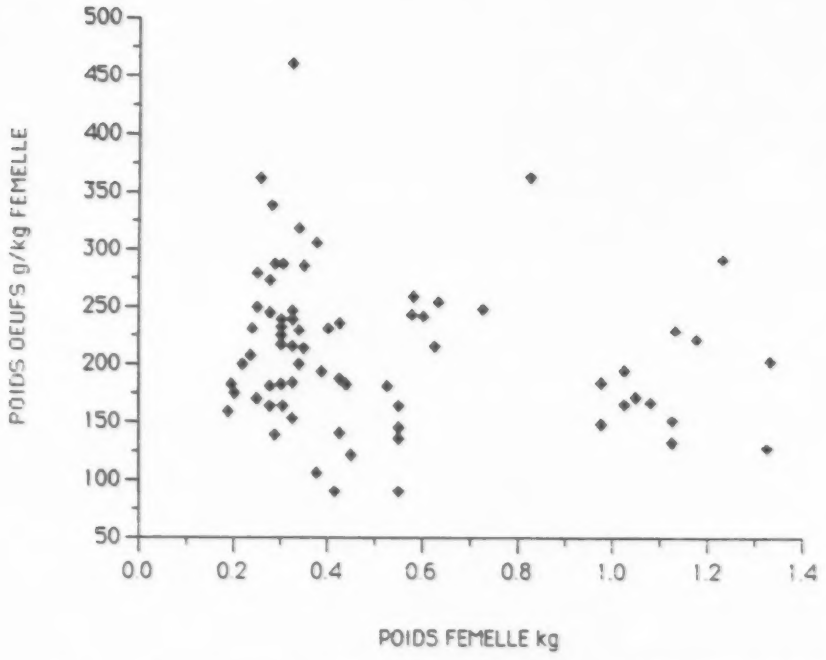


Fig. 1. Reproduction selon le poids femelle/kg et le poids des oeufs (g)/kg femelle.

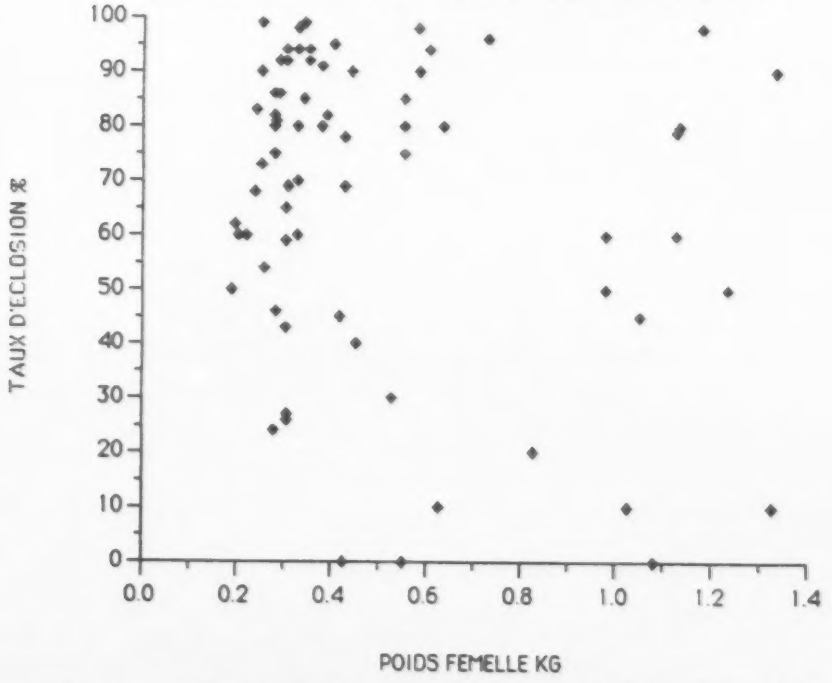


Fig. 2. Reproduction selon le poids femelle (kg) et le taux d'éclosion (%).

Les données de l'élevage de frais en auges sont résumées au Tableau 2. Un total de 2 221 000 alevins, d'un poids moyen de 20,3 mg, ont été produits jusqu'en octobre 1988. Entre 1987 et 1988, la densité initiale de frais dans les auges a été constante à 57 000-59 000 (environ 380 000 par m^3). On enregistre une augmentation très nette de la survie entre 1987 et 1988, passant de 27 à 59 %. Ceci ne peut être expliqué par la durée moins longue de l'élevage (réduite de 11 à 9 jours) qui a eu lieu en 1988, parce que les mortalités à ce stade de l'élevage ne sont pas souvent constatées. Ce phénomène pourrait plutôt être dû à une amélioration dans la technicité des ouvriers, notamment dans la préparation et la distribution régulière de l'artemia, aliment des frais. En contrepartie, cette amélioration dans la survie a eu pour conséquence de doubler la densité finale des alevins dans les auges. Par conséquent, le poids moyen final (PMF) a été réduit de moitié, passant de 28,1 à 14,1 mg (Fig. 4).

Une comparaison entre le taux d'éclosion et la survie de frais après l'éclosion (Fig. 5) indique que les frais issus d'une éclosion imparfaite ne sont pas prédisposés à donner un mauvais résultat. Ceci pourrait être important en ce sens qu'il n'est pas nécessaire d'interrompre un cycle à cause d'une mauvaise éclosion, sauf si celle-ci est vraiment minime.

Alevinage

Les résultats de 44 cycles d'alevinage sont résumés au Tableau 3.

Un total de 1 345 500 frais venant de l'écloserie ont été élevés sur la station jusqu'en juillet 1988, dont 99 307 ont été sortis, soit une survie moyenne d'environ 7 % (de 0 à 68 %).

Nous trouvons que la performance est en relation avec les densités des alevins dans les étangs (Fig. 6, 7 et 8); ceci nous laisse supposer que les conditions, notamment alimentaires, créées dans ces étangs ne sont pas encore suffisamment favorables.

Dans les conditions actuelles dans les étangs, les densités supérieures à 100 poissons/m^2 ne donnent pas de bons résultats (Fig. 6). Nous concluons qu'il est nécessaire désormais de respecter la norme fixée au départ, qui est de 100/m^2; éventuellement, si les étangs sont plus favorables, une augmentation de densité peut être envisagée. Dans le même ordre d'idée, la densité d'alevins à la fin de l'élevage a un effet assez marqué sur le poids moyen (Fig. 7), indiquant que même avec une biomasse relativement faible, la compétition intra-spécifique aurait déjà un effet non négligeable.

Nous n'avons pu confirmer un avantage à empoissonner les étangs avec des sujets plus grands. La Figure 8 indique plutôt que le meilleur résultat est obtenu avec des sujets de 10 à 20 mg; ici aussi, une forte variation est constatée.

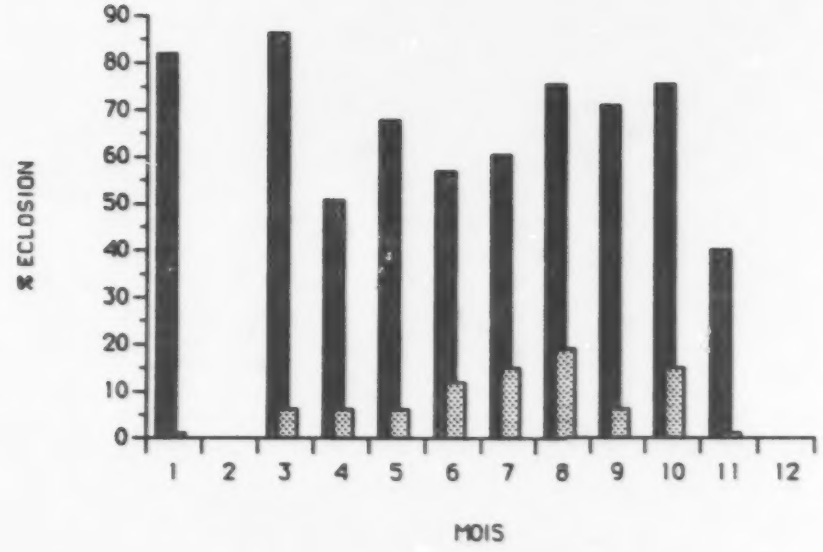


Fig. 3. Reproduction selon le mois et l'éclosion (%).

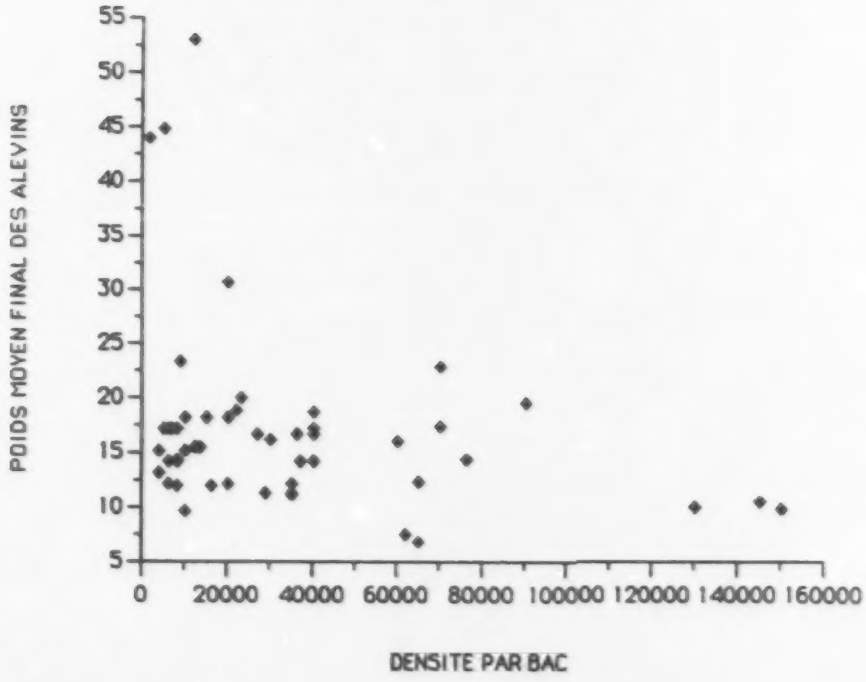


Fig. 4. Reproduction selon la densité par bac et le poids moyen final des alevins.

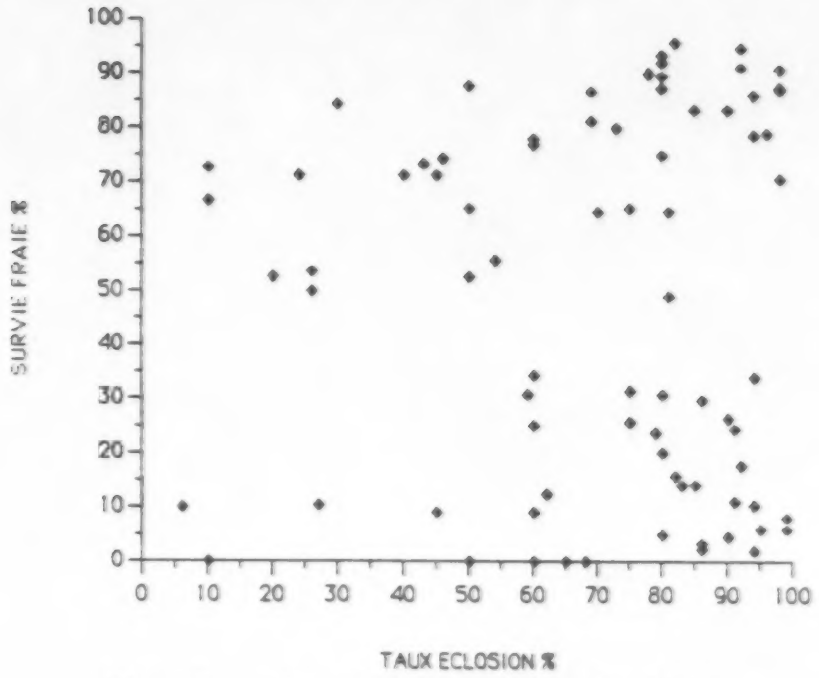


Fig. 5. Reproduction selon le taux d'éclosion (%) et la survie des frais (%).

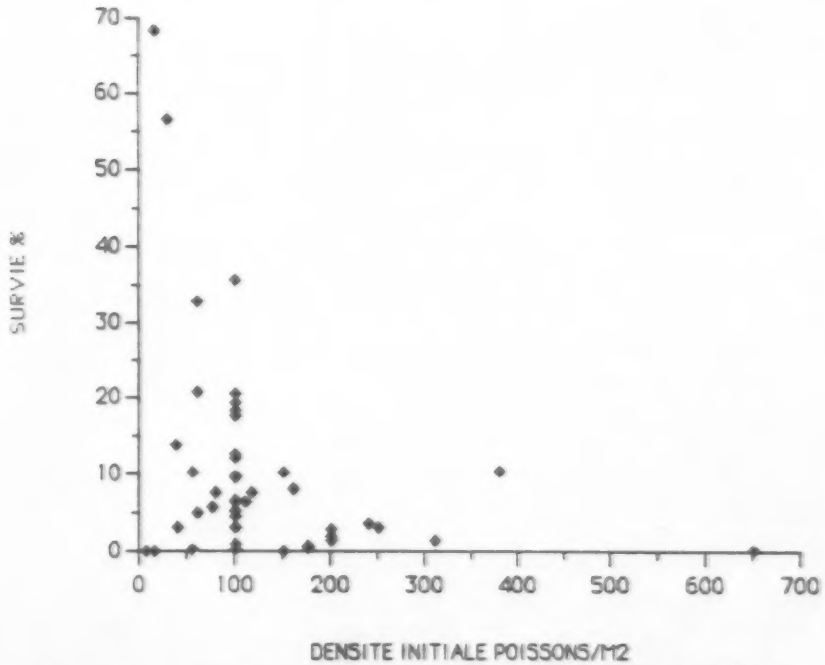


Fig. 6. Alevinage en étang selon la densité initiale des poissons/m^2) et la survie (%).

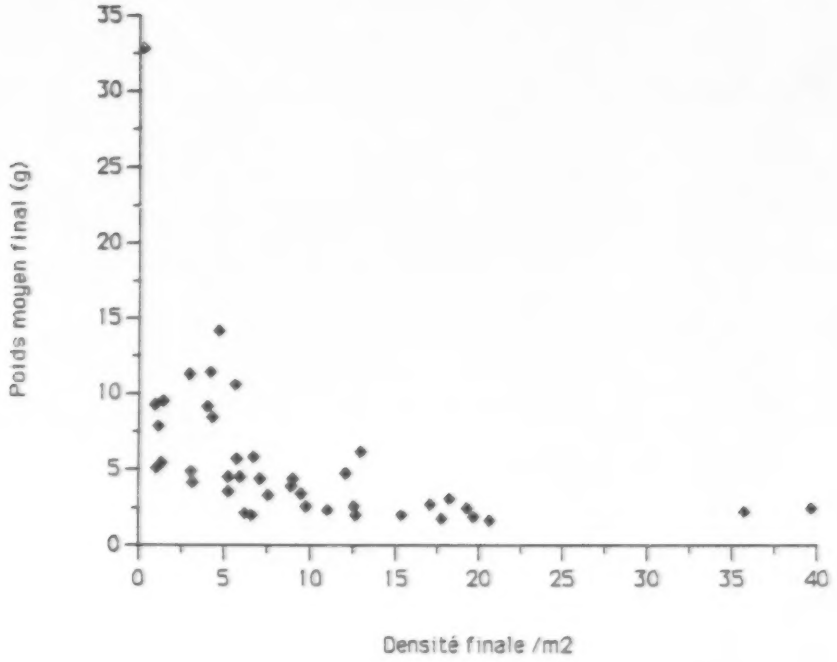


Fig. 7. Alevinage en étang selon la densité finale/m² et le poids moyen final (g).

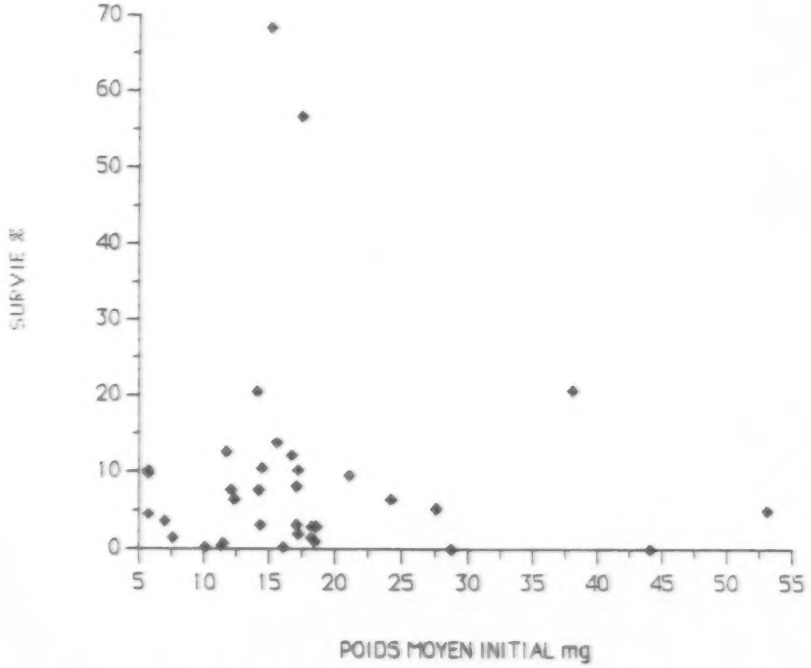


Fig. 8. Alevinage en étang selon le poids moyen initial (mg) et la survie (%).

Tableau 1. Reproduction en écloserie : ponte/éclosion.

Année	Nombre de femelles injectées	Poids moyen des femelles (g)	Poids des oeufs/kg femelle	Nombre d'oeufs/kg femelle	Nombre d'oeufs par pose en bac	Nombre total d'oeufs	Éclosion (%)
1987	76	0,340	233	145 608	89 583	3 762 500	65
1988	62	0,532	190	118 750	85 190	3 918 750	67
Total	138	0,426	209	130 545	87 287	7 681 250	66

Tableau 2. Reproduction en écloserie : élevage de frais.

Année	Nombre de frais par bac	Nombre total de frais	Jours en écloserie	Survie (%)	Nombre d'alevins par bac	Nombre total d'alevins	Poids moyen final (g)
1987	58 548	2 459 000	11	27	15 833	665 000	28,1
1988	57 000	2 622 000	9	59	33 826	1 556 000	14,1
Total	57 739	5 081 000	10	44	25 239	2 221 000	20,3

Tableau 3. Alevinage en étang : cycles de prégrossissement.

Année	Nombre de cycles	Alevins empoissonnés	Densité initiale moyenne/ m^2	Durée (jours)	Poids moyen final (g)	Densité finale moyenne/ m^2	Survie (%)	Nombre final
1986 (oct.) /1987	34	978 500	119	36	3,8	8	8	74 563
1988	10	367 000	172	33	2,9	11	7	24 744
Total	44	1 345 500	131	35	3,6	9	7	99 307

Nous constatons donc que nous sommes encore en-dessous de notre objectif fixé de 20 % de survie en étang. Plusieurs facteurs et contraintes nous semblent importants, qui pourraient contribuer à ce résultat :

- Difficultés de gestion de la station. Il nous arrive de travailler avec une équipe trop réduite pour tous les travaux; en assurant les travaux de l'écloserie, il n'y a pas toujours suffisamment d'ouvriers pour respecter toutes les normes sur les étangs.

- Perméabilité des étangs. La station est à Loka à cause de la proximité du lac, sinon il est sur un sol sablonneux; les travaux exécutés par un particulier ont été faits superficiellement, et les digues restent bien trop perméables si l'on considère notre objectif de fertilisation des eaux.

- Cannibalisme. Bien connu comme un facteur négatif pour la survie de Clarias, nous pensons que c'est un problème qui ne sera pas totalement éliminé, mais qui diminuera grâce à d'autres mesures visant l'amélioration de la survie. En effet, les plus grandes variations en poids sont constatées quand les poissons rencontrent de mauvaises conditions et quand la survie est mauvaise.

- Prédation. Les premiers essais ont souffert énormément d'une invasion systématique de grenouilles. Les clôtures ont réduit ce problème à un niveau satisfaisant; en 1987, les étangs non clôturés ont donné une survie d'environ 2 %, contre 11 % pour les étangs clôturés. Nous avons constaté une augmentation dans le nombre d'insectes prédateurs dans les étangs nouvellement clôturés, mais cet effet ne semble pas être marqué en 1988.

- Insuffisance d'aliments naturels en début de cycle. Lié aux facteurs ci-dessus, ce facteur serait certainement d'une grande influence sur le succès de l'alevinage en étangs.

Conclusions

En ce qui concerne la reproduction de Clarias et la production de jeunes alevins dans l'écloserie, nous avons largement dépassé l'objectif fixé (qui a été la production de 600 000 alevins de 6 à 10 jours) (Tableau 4). Globalement, l'infrastructure nous a donné satisfaction, nous permettant de maintenir une production presque continue des alevins en qualité et en quantité. La technique est aussi fiable pour imaginer que de futures écloseries pourraient être encore simplifiées. L'utilisation de l'artemia comme aliment peut être considérée comme temporaire, en attendant que la production locale d'une espèce zooplanctonique soit mise au point par des chercheurs; cependant, la facilité de son utilisation sera toujours un argument pour continuer à l'employer.

Tableau 4. Reproduction en écloserie : variabilité des résultats.

	Moyenne	Maximum	Minimum	Dev. std.	Variation
Poids moyen des femelles (kg)	0,426	3,300	0,188	0,434	0,189
Poids d'oeufs par kg femelle (g)	209	462	91	71	5 106
Taux d'éclosion (%)	66	99	0	28	785
Taux de survie après éclosion (%)	44	96	0	33	1 095
Durée en écloserie (j)	10	17	5	2	6
Poids moyen sorti écloserie (mg)	20,3	200,0	6,9	25,9	668,7

Tableau 5. Alevinage en étang : variabilité des résultats.

	Moyenne	Maximum	Minimum	Dev. std.	Variation
Densité initiale des alevins/m²	131	650	8	109	11 793
Poids moyen initial (mg)	17.7	53	6	10	102
Âge des alevins à l'empoiss. j.	11	18	6	3	7
Croissance (mg/j) (1er demi-cycle)	71	126	28	21	
Croissance (mg/j) (2^{e} demi-cycle)	246	1 460	26	273	75
Croissance (mg/j) (cycle entier)	144	314	0	79	6
Durée du cycle (j)	35	53	20	7	49
Densité finale des alevins/m²	9	40	0	9	74
Poids moyen final (g)	3,6	32,9	1,6	5,3	27,9
Survie pendant cycle (%)	7	68	0	14	193

Il reste encore à perfectionner le conditionnement des étangs pour assurer la survie nécessaire pour nous permettre de répondre aux demandes de tous les paysans (Tableau 5). Nous avons identifié un certain nombre de problèmes que nous espérons résoudre avec le concours des instituts de recherche pendant 1989. Tout d'abord, il y a des problèmes non zootechniques à résoudre à l'intérieur de la station. Ensuite, nous avons un programme avec l'IDESSA, déjà financé par le CRDI, sur lequel nous comptons en 1989. Ce programme vise le contrôle des conditions limnologiques dans les étangs (y compris des estimations planctoniques), de manière à nous permettre d'optimiser les traitements que nous appliquons. Le Projet a également préparé un programme de collaboration avec le CRO. Ce programme étudiera les techniques susceptibles d'améliorer les résultats des premiers jours d'alevinage en étang, et abordera le problème de l'alimentation artificielle avec des produits locaux performants et équivalents aux aliments importés, utilisés ailleurs.

Grâce à ces mesures, nous comptons remédier à ce problème de faible survie des alevins en étang pour une meilleure vulgarisation de l'espèce qui, il faut le dire, est une espèce beaucoup prisée dans certaines régions de la Côte d'Ivoire.

Références

Daget, J., Iltis, A. 1965. Poissons de Côte d'Ivoire (eaux douces et saumâtres). Mémoires IFAN, n° 74. 385 p.

Hogendoorn, H. 1978. Reproduction et alevinage contrôlé du poisson-chat africain Clarias lazera. CTFT. Notes et documents, n° 20.

Huisman, E., Richter, C. 1987. Reproduction, growth, health control and aquacultural potential of the African Catfish, Clarias gariepinus (Burchell). Aquaculture, 63, 1-14.

Janssen, J.A.L. 1985a. L'élevage du poisson-chat africain Clarias gariepinus (C & V) en République centrafricaine. I. Propagation artificielle. FAO/GCP/CAF/007/NET, Doc. tech. n° 20. 100 p.

Janssen, J.A.L. 1985b. L'élevage du poisson-chat african Clarias gariepinus (C & V) en République centrafricaine. II. Alevinage en écloserie. FAO/GCP/CAF/007/NET, Doc. tech. n° 21. 31 p.

Janssen, J.A.L. 1985c. L'élevage du poisson-chat african Clarias gariepinus (C & V) en République centrafricaine. IV. Alevinage et grossissement. FAO/GCP/CAF/007/NET, Doc. tech. n° 23. 45 p.

Jocque, R. 1977. Une étude sur le Clarias senegalensis Val. dans la région du Lac Kossou (Côte d'Ivoire). Hydrobiologica, 54(1), 49-65.

Micha, J.C. 1973. Étude des populations piscicoles de l'Oubangui et tentatives de sélection et d'adaptation de quelques espèces à l'étang de pisciculture. Éd. CTFT, Paris. 110 p.

Micha, J.C. 1976. Synthèse des essais de reproduction et d'alevinage chez un silure africain Clarias lazera. CPCA, Doc. tech. n° 4, Supplément 1. p. 450.

Nugent, C. 1975. Natural reproduction of Clarias lazera (Val.). Report of trials undertaken in 1975 at Bambari, Central African Republic. PNUD-FAO-CAF/72/002.

Nugent, J. 1984. Reproduction contrôlée du Clarias gariepinus et prégrossissement des larves en milieu clos. Mémoire ENSA, Toulouse. 42 p.

Pham, A. 1975. Données sur la reproduction en masse d'alevins de Clarias lazera à la Station de Bouaké (Côte d'Ivoire). CTFT, Notes et documents, n° 10.

Teugels, G.G. 1986. A Systematic revision of the African species of the genus Clarias (Pisces; Clariidae). Zoologische Wetenschappen Ann., 247. 199 p.

OBSERVATIONS PRÉLIMINAIRES SUR LA REPRODUCTION NATURELLE SEMI-CONTRÔLÉE DU POISSON-CHAT AFRICAIN, CLARIAS GARIEPINUS

D. Nguenga
Institut de recherches zootechniques
Station de recherches piscicoles de Foumban
B.P. 255, Foumban
Cameroun

Résumé *Une étude a été conduite sur la reproduction naturelle semi-contrôlée du poisson-chat africain en étang de pisciculture. Deux types de frayères artificielles ont été testés dans deux étangs de 400 m² chacun. Chaque bassin avait reçu six couples de géniteurs. Après 118 jours d'essai, les étangs ont été vidangés et ont montré que la reproduction naturelle avait effectivement eu lieu dans les deux traitements, mais le rendement numérique en alevins est demeuré faible. Ce déficit numérique est vraisemblablement lié à deux principaux types de facteurs : les facteurs internes de régulation (ponte partielle) et les facteurs externes (présence des géniteurs dans les étangs après la ponte).*

Abstract *A study was conducted on the semi-controlled natural breeding of African catfish in fish ponds. Two types of artificial spawning nests were tested in two 400 m² earthen ponds. Each pond received six pairs of breeders. After 118 days of trial, ponds were drained. Natural reproduction took place in both treatments, but the number of fingerlings recruited was not high. Low production was probably due to two major types of factors: internal regulation factors (partial spawning) and external factors (presence of broodstocks in ponds after spawning).*

Introduction

L'intérêt du silure pour la pisciculture d'étang en zone tropicale n'est plus à démontrer. En Afrique centrale, des essais en vue d'acclimater le poisson-chat africain, Clarias gariepinus (= Clarias lazera), en étang de pisciculture datent de 1969-1972 (C.T.F.T. 1972; Micha 1973; Richter 1976, cités par Janssen 1985a). Ce poisson répond à une exception près aux conditions requises pour une espèce piscicultivable (Huet 1970):

- être adapté au climat de la région;
- avoir un taux de croissance élevé;
- être capable de se reproduire en captivité;

- accepter un aliment artificiel abondant et peu coûteux;
- être accepté par le consommateur;
- supporter de fortes densités de population;
- être résistant aux maladies.

Le troisième critère, à savoir la reproduction en milieu d'élevage, n'est pas rempli par cette espèce. Le pisciculteur se heurte donc à un problème d'approvisionnement adéquat et constant en alevins de Clarias. C'est ce qui explique le déclin au niveau de l'engouement manifesté au départ pour cette espèce.

Les techniques de reproduction artificielle sont actuellement bien établies pour diverses espèces de poissons et ont permis d'obtenir en masse du jeune frai pour l'élevage en étang (Woynarovich et Horvath 1981). La mise en oeuvre de ces techniques de propagation artificielle nécessite non seulement une écloserie, mais aussi un personnel expérimenté. La construction et l'équipement d'une telle infrastructure piscicole ne sont pas toujours à la portée d'un paysan moyen.

La présente étude avait donc pour but de dégager quelques techniques simples et facilement adaptables en milieu rural, en vue de la gestion de la production des étangs à partir des fruits de la reproduction naturelle.

Matériel et méthodes

Préparation des étangs

L'étude a été conduite du 4 août au 1er décembre 1987, à la Station de pisciculture de l'IRZ à Foumban, dans deux étangs expérimentaux dépourvus d'herbes d'environ 400 m^2 chacun. Après un assec de deux semaines, le renforcement du traitement antiparasitaire des étangs a nécessité l'utilisation de la chaux vive à raison de 5 kg par bassin. La mise en eau des étangs a eu lieu 24 h plus tard. La profondeur en eau était de 40 cm au début de l'expérience. Un ajustement a été opéré à intervalles réguliers de manière à obtenir une hauteur d'eau équivalente à 80 cm en fin d'expérimentation. Cette opération consistait à simuler une crue artificielle en étang, condition indispensable à la ponte des Clarias en milieu naturel. Deux types de nids artificiels (substrats de ponte) ont été testés :

- Lot A (étang 6) : une dizaine de paniers en fibres de bambou (diamètre extérieur : 40-60 cm) ont été utilisés; ils ont été garnis de cailloux, puis placés à différents endroits de l'étang;

- Lot B (étang 7) : une dizaine de branchages de palmier armés d'herbes (en l'occurrence, le Pennisetum) ont été constitués, puis placés uniformément dans l'étang et maintenus par

des piquets. L'étang a servi à la fois à la ponte des géniteurs et à l'élevage des larves.

Le tuyau d'amenée d'eau dans l'étang était protégé à son extrémité supérieure par une boîte perforée pour empêcher l'entrée des poissons indésirables. La température de l'eau était de 24-27 °C lors de l'immersion des géniteurs.

Géniteurs

Les géniteurs utilisés lors de cet essai provenaient d'un stock de Clarias constitué au cours de la vidange des étangs à la Station, du 8 au 10 juillet 1987. L'examen macroscopique de la papille génitale permettait de repérer le sexe des géniteurs : le mâle présente un bourrelet conique de chair au niveau de la papille génitale, alors que la femelle ne dispose que d'une fente longitudinale sur cette expansion. Les femelles à abdomen bien renflé étaient généralement sélectionnées au premier abord, et une légère pression manuelle sur l'abdomen permettait de recueillir quelques ovocytes, signe de leur maturation sexuelle. En l'absence de cette émission d'ovocytes, la femelle était exclue de l'échantillon. Les mâles n'étant pas fluants, leur critère de sélection était basé sur leur condition physique (robustesse) et le degré de vascularisation de leur papille génitale.

Chaque étang recevait six "poses" de géniteurs, une pose étant constituée d'un mâle et d'une femelle. La taille et le poids de chaque géniteur étaient notés (Tableau 1).

Tableau 1. Distribution des tailles et des poids des géniteurs à la mise en charge.

	Mâles		Femelles	
Traitement	**Taille (cm)**	**Poids (kg)**	**Taille (cm)**	**Poids (kg)**
Lot A (étang 6)				
1	42	0,5	36	0,3
2	50	0,8	37	0,3
3	50	0,8	38	0,4
4	50	0,8	38	0,4
5	53	0,8	40	0,5
6	53	0,9	64	1,5
Lot B (étang 7)				
1	52	0,9	35	0,25
2	52	1,3	37	0,35
3	53	0,9	37	0,4
4	54	0,9	38	0,4
5	59	1,3	44	0,6
6	61	1,5	55	1,1

Fertilisation

L'apport d'engrais organique et minéral n'a commencé qu'à la suite de l'observation d'un nuage d'alevins dans les étangs le 25 septembre 1987. La fertilisation organique était réalisée par le biais de la bouse de boeuf (40 % de matière sèche environ) à raison de 50 kg de matière sèche par hectare et par jour. L'engrais minéral, constitué d'urée (50 kg/ha) et du superphosphate triple (50 kg/ha), était appliqué une fois toutes les deux semaines. Le fumier était dilué avec de l'eau et distribué sur toute la superficie du bassin. À partir du 9 novembre 1987, l'épuisement du stock d'engrais minéraux s'est traduit par un arrêt de toute fertilisation inorganique jusqu'à la vidange des étangs.

Vidange

L'expérimentation a duré pendant 118 jours. Les étangs ont été vidangés le 1er décembre 1987, et tous les poissons récoltés. Dans chaque étang, tous les géniteurs ont été récupérés et sexés, puis pesés individuellement. Le degré de gonflement de l'abdomen des femelles était, en outre, noté. Ces géniteurs ont été ramenés au laboratoire où l'on a procédé au prélèvement de leurs gonades; ces dernières ont été cryoconservées en vue d'une étude ultérieure. Les alevins ont été comptés, puis pesés globalement. Les longueurs totales individuelles ont été mesurées à $\pm$ 0,5 cm sur tous les sujets.

Analyse des résultats

L'indice numéral de recrutement (nombre d'alevins/nombre d'alevins + nombre de géniteurs), exprimé en pourcentage, rend compte de la production numérique en alevins. L'influence du traitement sur les tailles des alevins est étudiée par le test t. Les structures des tailles sont étudiées graphiquement par histogrammes de fréquence (intervalle des classes de 0,5 cm), et le coefficient de variation (écart-type/moyenne), exprimé en pourcentage, donne une idée de leur variabilité.

Résultats et discussion

Taux de survie des géniteurs

Le taux de survie est de 83,3 % dans les deux traitements. La disparition d'un couple de géniteurs dans chaque lot est assez surprenante. En effet, les poissons adultes ne sont pas vulnérables, comme les larves et les alevins, puisque leur système de défense et d'autorésistance fonctionne déjà d'une manière convenable. Les oiseaux ichtyophages sillonnant régulièrement les alentours des étangs exercent le plus souvent leur activité prédatrice sur de jeunes sujets (Nguenga 1987). Il y a lieu de penser que ces géniteurs ont dû escalader la digue de l'étang pour se retrouver dans la nature sur de la terre ferme. En effet, Janssen

(1985a) rapporte que les silures sont capables de grands bonds, susceptibles de les conduire hors de l'étang où ils peuvent parcourir des distances assez importantes, et une clôture en toile moustiquaire autour du bassin permettrait d'éviter leur disparition.

Rendement numérique : production pondérale en alevins

La reproduction a effectivement eu lieu dans les deux lots (Tableau 2). L'indice numéral de recrutement varie de 88,2 à 85,1 %, ce qui correspond à une production numérique de 75 et 57 alevins, respectivement, dans les lots A (paniers) et B (branchages). La production pondérale est de 0,5 kg dans le lot A, contre 1,1 kg dans le lot B. Le rendement numérique a été plus élevé en A qu'en B, au détriment de la croissance individuelle des sujets. En effet, le poids moyen varie de 6,6 à 19,3 g, respectivement, dans les traitements A et B.

Force est de reconnaître que dans l'un ou l'autre cas, la production numérique est demeurée faible pour faire office d'une source fiable d'approvisionnement en alevins de Clarias, en vue de l'empoissonnement des étangs de grossissement. Cependant, chez le Clarias, le taux de fécondité est très élevé en raison de la faible taille des ovules (1,2-1,6 mm) (Huet 1970; Janssen 1985a). Plusieurs auteurs rapportent des taux de fécondité variant entre 50 000 et 328 000 oeufs (Nawar et Yoakin 1962; Micha 1975; Jocqué 1975, cités par Hogendoorn 1979). Dans la présente étude, la dissection des femelles a révélé que les ovaires renfermaient toujours de nombreux ovocytes, ce qui revient à dire que la ponte était fractionnée, donc partielle. Cette observation rejoint celles de Huet (1970) et J.P. Hirigoyen (communication personnelle), qui relatent que dans le milieu naturel, la saison de reproduction des Clarias est bien marquée (saison pluvieuse), alors qu'en étang, la ponte peut s'échelonner au cours de l'année. Un même étang avait servi à la ponte et à l'alevinage et ceci en présence des géniteurs; ces derniers ont dû endommager les oeufs en instance d'incubation et exercer une forte prédation sur leur progéniture.

Tableau 2. Production numérique, biomasse des alevins, longueur moyenne et variabilité.

Lot	N	I.N.R. (%)	P.M. (g)	B (kg)	L.M. (cm)	S (cm)	C.V. (%)
A	75	88,2	6,6	0,5	9,2	2,2	23,6
B	57	85,1	19,3	1,1	14,4	1,5	10,4

N = nombre d'alevins recrutés; I.N.R. = indice numéral de recrutement; P.M. = poids moyen des alevins; B = biomasse totale; LM = longueur moyenne; S = écart-type; C.V. = coefficient de variation.

Janssen (1985b) rapporte que la présence d'un seul géniteur de Clarias dans l'étang pendant l'alevinage est susceptible de compromettre la réussite de l'opération. Ces résultats auront donc été influencés par deux principaux types de facteurs : les facteurs internes de régulation (ponte partielle) et les facteurs externes (présence de géniteurs dans les étangs pendant l'alevinage).

Structure et comparaison des tailles des alevins

Les premiers nuages d'alevins avaient été observés à la surface de l'eau six semaines après la mise en charge des étangs. Dans les deux lots, on note une influence très significative du traitement ($P<0,001$) sur les tailles des alevins. Les sujets du lot B présentent une bonne croissance longitudinale. Cette performance de croissance est vraisemblablement due à la quantité de nourriture naturelle qui était disponible dans cet étang, en admettant que la ponte s'était effectuée pendant le même intervalle de temps. En effet, les substrats de ponte issus des branchages de palmier (lot B) ont constitué un milieu idéal pour le développement du périphyton et de la faune d'invertébrés, contrairement au panier du lot A.

Les distributions des tailles sont unimodales dans les deux traitements (Fig. 1). Le coefficient de variation est faible dans le lot B (10,4 %) par rapport à la grande dispersion observée dans le lot A (23,6 %). Le caractère non homogène des tailles dans le lot A en fin d'élevage peut s'expliquer par le phénomène de cannibalisme généralement reconnu chez cette espèce dans un milieu où le déficit alimentaire devient important (Janssen 1985b). En effet, au cours de la vidange, plusieurs cadavres ont été recensés dans l'étang 6.

Conclusion

Cette étude a montré les possibilités d'obtention des alevins de Clarias sans recours aux techniques d'hypophysation. Les limites des méthodes mises en oeuvre se traduisent par un déficit numérique important en fin d'élevage, malgré le taux élevé de fécondité chez ces géniteurs. Il y a lieu de penser qu'en apportant des améliorations à ces méthodes dans deux directions privilégiées, à savoir l'adaptation du nombre de couples à la superficie de l'étang et la capture des géniteurs après la ponte et avant l'éclosion, des résultats meilleurs pourront être obtenus.

Remerciements

Cette étude a été prise en charge par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique.

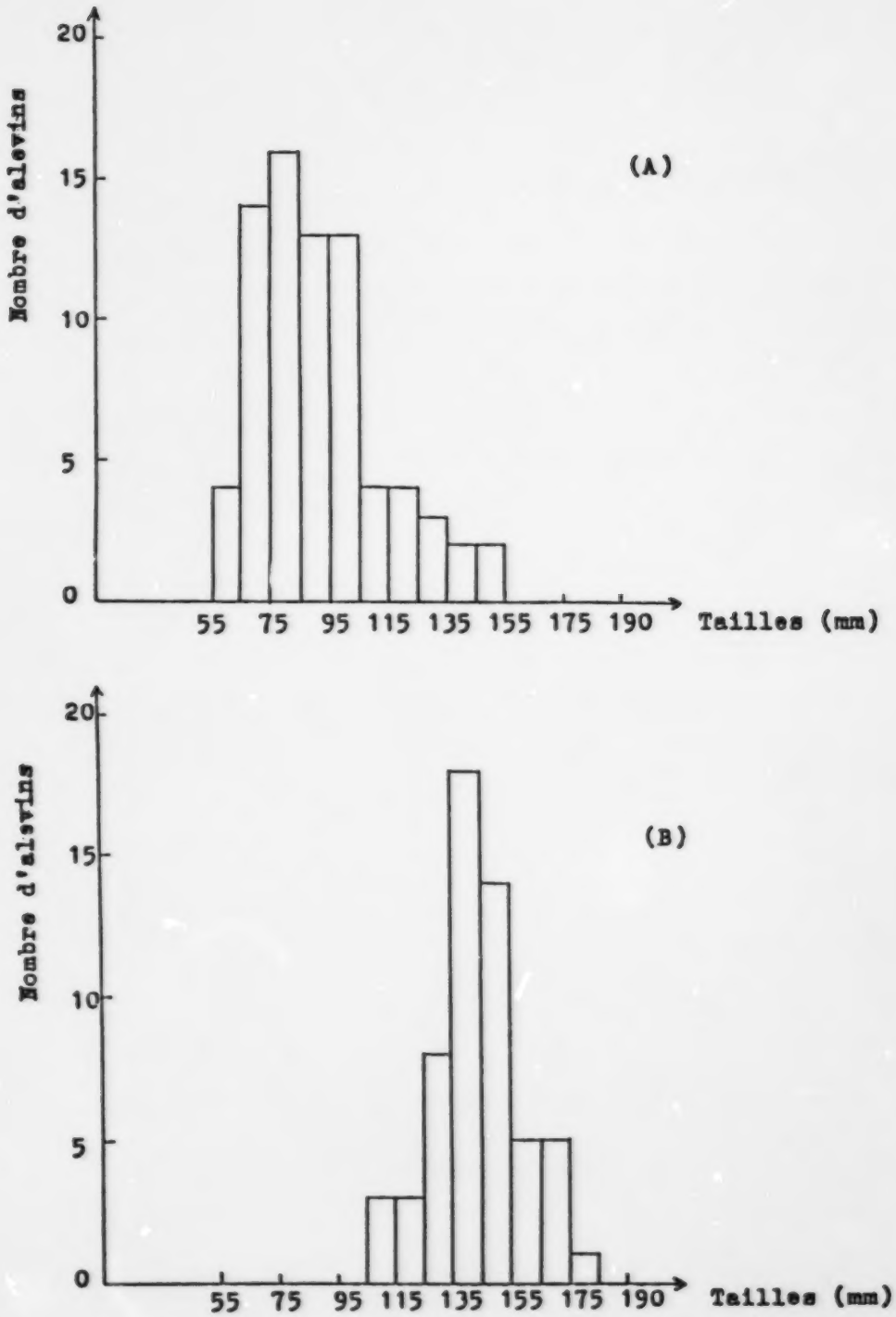


Fig. 1. Histogrammes de distribution des tailles individuelles des alevins dans les lots A et B.

Références

Hogendoorn, H. 1979. Controlled propagation of the African catfish, Clarias lazera (C. & V.). I. Reproductive biology and field experiments. Aquaculture, 17, 323-333.

Huet, M. 1970. Textbook of fish culture: Breeding and cultivation of fish. Ch. De Wyngaert, ed., Bruxelles, Belgique. 436 p.

Janssen, J. 1985a. Élevage du poisson-chat africain Clarias lazera (C. & V.) en République centrafricaine. I. Propagation artificielle. FAO-GCP/CAF/007/NET, Document technique n° 20. 10 p.

——— 1985b. Élevage du poisson-chat africain Clarias lazera (C. & V.) en République centrafricaine. III. Alevinage et grossissement en étang. FAO-GCP/CAF/007/NET, Document technique n° 22. 32 p.

Nguenga, D. 1987. La fertilisation organique en aquaculture. I. Production du Tilapia (Oreochromis niloticus) et du poisson-chat africain (Clarias lazera) en étangs fertilisés à la fiente de volaille sans alimentation artificielle. Non publié. 11 p.

Woynarovich, E., Horvath, L. 1981. La reproduction artificielle des poissons en eau chaude : manuel de vulgarisation. FAO, Doc. Tech. Pêches (201), 191.

EFFECT OF SEASON ON CONTROLLED PROPAGATION OF THE AFRICAN CATFISH, CLARIAS GARIEPINUS (BURCHELL 1822)

O.A. Ayinla and F.O. Nwadukwe
African Regional Aquaculture Centre, Nigerian Institute for Oceanography and Marine Research, Port Harcourt, Nigeria

Abstract *The effect of the season on controlled propagation of Clarias gariepinus was investigated. Hypophysation of C. gariepinus using the pituitary extract from sacrificed C. gariepinus was carried out from July 1987 to June 1988. Female broodstock weight ranged from 0.50 to 0.86 kg, whereas male weight ranged from 0.5 to 0.6 kg. The condition factor of female broodfish was more or less uniform (1.3 to 1.7).*

Results showed that peak egg production by the female occurred during the rainy season, ranging from 28 000 eggs/kg body weight in June to 37 600 eggs/kg body weight in August. The percentage of fertilized eggs that hatched was also higher during the rainy season than during the dry season, the highest percentage occurring in July (86.4%) and the lowest in December (40.1%), at a temperature range of 23 to 27°C respectively. Hatching of the fertilized eggs took place between 23 and 29°C, the optimum being 27°C. Hatching occurred over 18 to 36 h.

The fry were stocked in 1000 m^2 grow-out ponds, 4 days after hatching. The fry were reared to fingerlings in the grow-out pond for 4 weeks. Fingerling survival from the fry ranged from 13.6 to 54%. The highest survival rate (54%) was observed in September, the lowest (13.6%) in January. This study has shown that controlled propagation of C. gariepinus can be carried out year-round.

Résumé *Nous avons étudié les effets de la saison sur la reproduction conditionnée de C. gariepinus. L'hypophysation de C. gariepinus, à l'aide d'extraits d'hypophyse provenant de spécimens sacrifiés de la même espèce, a été pratiquée de juillet 1987 à juin 1988. Les femelles reproductrices avaient un poids variant de 0,50 à 0,86 kg, tandis que les mâles pesaient de 0,5 à 0,6 kg. Le coefficient de condition des reproductrices était plus ou moins uniforme, variant de 1,3 à 1,7.*

Nous avons constaté que la production des oeufs par les femelles atteint un sommet pendant la saison des pluies. La production d'oeufs pendant cette saison varie, en effet, de 28 000 oeufs par kg de poids corporel en juin à 37 600 oeufs par kg de

poids corporel en août. Le pourcentage d'éclosion des oeufs fertilisés est lui aussi plus élevé pendant la saison des pluies que pendant la saison sèche. Le taux d'éclosion des oeufs fertilisés le plus élevé (86,4 %) a été observé en juillet et le taux le plus bas (40,1 %) a été observé en décembre, la température entre ces deux dates passant de 23 à 27 °C. L'éclosion des oeufs fertilisés est survenue entre 23 et 29 °C, l'éclosion optimale étant observée à 27 °C. Elle est survenue entre 18 et 36 h après le frai.

Les alevins ont été transférés dans des étangs de croissance de 1 000 m², 4 jours après l'éclosion. Ils sont passés du stade alevin au stade fingerling en 4 semaines. Le pourcentage de survie des fingerlings oscillait entre 13,6 et 54 %. Le taux de survie des alevins le plus élevé (54 %) a été observé en septembre, et le taux le moins élevé (13,6 %) en janvier. Les résultats de notre étude portent à conclure qu'il est possible de faire la reproduction conditionnée de C. gariepinus pendant toute l'année.

Introduction

One of the main constraints restricting intensification and expansion of culturing Clarias gariepinus in Nigeria is an inadequate supply of good quality fry and fingerlings for stocking ponds, cages, and pens. Huisman and Richter (1987) also reported that fry and fingerlings of C. gariepinus are difficult to obtain in natural waters for stocking available ponds. Stock availability from the wild is seasonal. Inadequate natural production results from low survival of hatchlings due to repressive factors such as predation, poor water quality, pests, and parasites in the natural environment. Apart from the fact that, in nature, C. gariepinus does not spawn year-round, better control of fry production is required. Furthermore, there is inadequate information on the possibility of producing fry and fingerlings year-round.

Micha (1975) reported that induced spawning could be carried out successfully with 11-desoxy-corticosterone acetate or carp pituitary suspension (Hogendoor and Wieme 1975). Huisman and Richter (1987), however, reported that outside the natural breeding season, induced spawning of C. gariepinus broodfish was almost impossible. This was attributed to the resting period in the annual ovarian cycle. Huisman (1986) reported that C. gariepinus can be artificially reproduced in a hatchery throughout the year, which agrees with the findings of Janssen (1985). This study is designed to investigate the possibility of spawning C. gariepinus throughout the year. It is hoped that the study will address the problem of the scarcity of C. gariepinus fingerlings in Nigeria.

Materials and methods

Broodfish selection

Broodfish were obtained from the freshwater systems of the river around Port Harcourt. The fish were caught with a cast net and were purchased from the fishermen immediately after being landed. The broodfish were transported to the African Regional Aquaculture Centre (ARAC) fish farm, where they were stocked in fertilized broodstock ponds. The fish were fed twice daily to satiation using the Nigerian Institute for Oceanography and Marine Research (NIOMR) diet (Table 1). Both males and females were stocked in different ponds. The broodfish were examined weekly to determine their state of readiness for spawning.

There were two spawning trials per month throughout the year. For each of the spawning trials, breeders were seined out from the broodstock ponds and gravid recipients and donors were selected. Female recipients were selected based upon criteria such as colour, swelling of the cloacal region, and extrusion of eggs following the application of slight pressure on the abdomen. Broodfish for hypophysation were selected by matching the weight of the donors with that of the recipients. A set of breeders consisted of one female and two males.

The pituitary extract of C. gariepinus was used for hypophysation. To extract the pituitary gland, donors were killed by cutting off their heads, removing the scalp, and then cutting the optic nerve. The brain was pushed backward and the pituitary gland was removed and placed in 5 cm^3 acetone (Merck) for defattening and dehydration. After 5 min, the preserved pituitary gland was put on filter paper and later transferred to a test tube. The pituitary gland was macerated in the test tube using a stainless-steel spatula, and later diluted with 1 cm^3 deionized water as the carrier.

The supernatant of the pituitary extract was drawn into a syringe and a no. 25 hypodermic needle was used for injecting the broodfish. The female was administered 1 cm^3 of the supernatant, whereas each male received 0.5 cm^3. Recipients were injected

Table 1. NIOMR feed composition.

Ingredients	%
Wheat offal	50.00
Soybean meal	48.40
Fish meal	1.25
Dl-methionine	0.10
Vitamin-mineral premix	0.50

intramuscularly above the lateral line and around the caudal peduncle. The injection was always given at 1800 hours each day throughout the trial period. The injected breeders were released into a concrete tank (1 m x 2 m), which was filled with water to a depth of 0.5 m. Shreds of polythene material were used as egg collectors. After spawning, the breeders were removed from the spawning tank to prevent consequent predation of the eggs and the hatchlings.

Dissolved oxygen, pH, and temperature of the water in the rearing tanks were monitored using the water quality checker WQC-2A (manufactured by Ogawa Seiki Co. Ltd., Tokyo, Japan).

Egg estimation

The number of eggs released by each female during all of the spawning trials was determined according to Hogendoorn's (1979) method, i.e., 66.6 x the difference in weight of the spawners before and after spawning. The average of the two trials was computed. The number of eggs released and the percentage hatchling survival were also calculated.

Incubation of the fertilized eggs was carried out in a fibreglass tank (0.5 m x 2 m x 0.3 m) connected to aerators. The hatchlings were stocked in 1000 m^2 grow-out ponds, 4 days after hatching.

Results

The weight of the broodstock, both male and female, over the 12-month spawning trial is shown in Table 2. The weight of the female broodfish ranged from 0.5 to 0.86 kg. The condition factor (K) for the female broodfish ranged from 1.3 to 1.7 over the period. The change in the weight of the fish, when they were brought in from the wild, was not recorded. Selection of the broodstock over the period was random.

The average number of eggs released per female broodstock ranged from 11 900 to 37 600 eggs/kg body weight. The number of eggs released during the months of December, January, and February was 18 300, 11 900, and 17 000 eggs/kg body weight respectively. From March to November, the female broodstocks released 25 000, 32 300, 33 000, 28 000, 33 000, 37 600, 33 100, 36 600, and 22 100 eggs/kg body weight respectively. Maximum egg production occurred in August (37 600 eggs/kg body weight). It was quite obvious that the female broodfish produced more eggs during the wet season than during the dry season. Figure 1 illustrates the egg production pattern of the female broodstock over 12 months.

There was no correlation between the weight of the female broodstock and the number of eggs released. There was, however, clear evidence of the effect of the season on the number of eggs

Table 2. Homoplastic hypophysation trials of *Clarias gariepinus* over 12 months without supplementary feeding.

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Average weight (kg) F	0.86	0.50	0.0	0.7	0.6	0.86	0.75	0.65	0.65	0.56	0.82	0.86
Average length (cm)	40	32	38	37	36	40	38	33	34	33	38	40
Average weight (kg) M	0.65	0.50	0.61	0.7	0.5	0.60	0.45	0.60	0.50	0.65	0.70	0.66
Average length (cm)	35	33	34	36	34	34	34	30	32	31	34	35
Average weight (kg) M	0.55	0.55	0.5	0.65	0.65	0.65	0.55	0.50	0.50	0.60	0.60	0.60
Average length (cm)	34	32	33	37	35	32	32	32	31	33	34	34
K factor	1.3	1.5	1.5	1.4	1.7	1.3	1.3	1.4	1.7	1.5	1.5	1.3
Average number of eggs/ kg BW (000)	11.9	17.0	25.0	32.30	33.0	28.0	33.0	37.6	33.1	36.6	22.1	18.3
Average number of hatchlings/kg BW (000)	4.99	8.16	13.75	25.84	28.87	22.18	28.51	31.96	30.01	31.48	11.1	7.34
Average hatching (%)	42.0	48.0	55.0	80.0	86.7	79.2	86.4	85.1	85.7	86.00	50.24	40.1
Average number of surviving fry (000)	0.68	1.16	2.75	8.48	8.66	7.72	12.0	12.46	16.25	14.32	4.46	1.96
Average survival (%)	13.6	14.25	20.0	32.0	30.0	34.8	42.1	39.0	54.0	45.5	40.2	26.7
Average temperature (°C)	24	27	28	28	28	28	27	28	28	29	27	23
Mean pH	7.2	7.0	7.2	7.0	6.8	7.3	7.0	7.5	6.9	7.7	7.8	6.9
Mean DO (ppm)	4.2	5.4	4.8	5.2	5.0	4.7	5.2	4.7	4.5	4.8	5.0	5.2

Abbreviations: F, female; M, male; BW, body weight; and DO, dissolved oxygen.

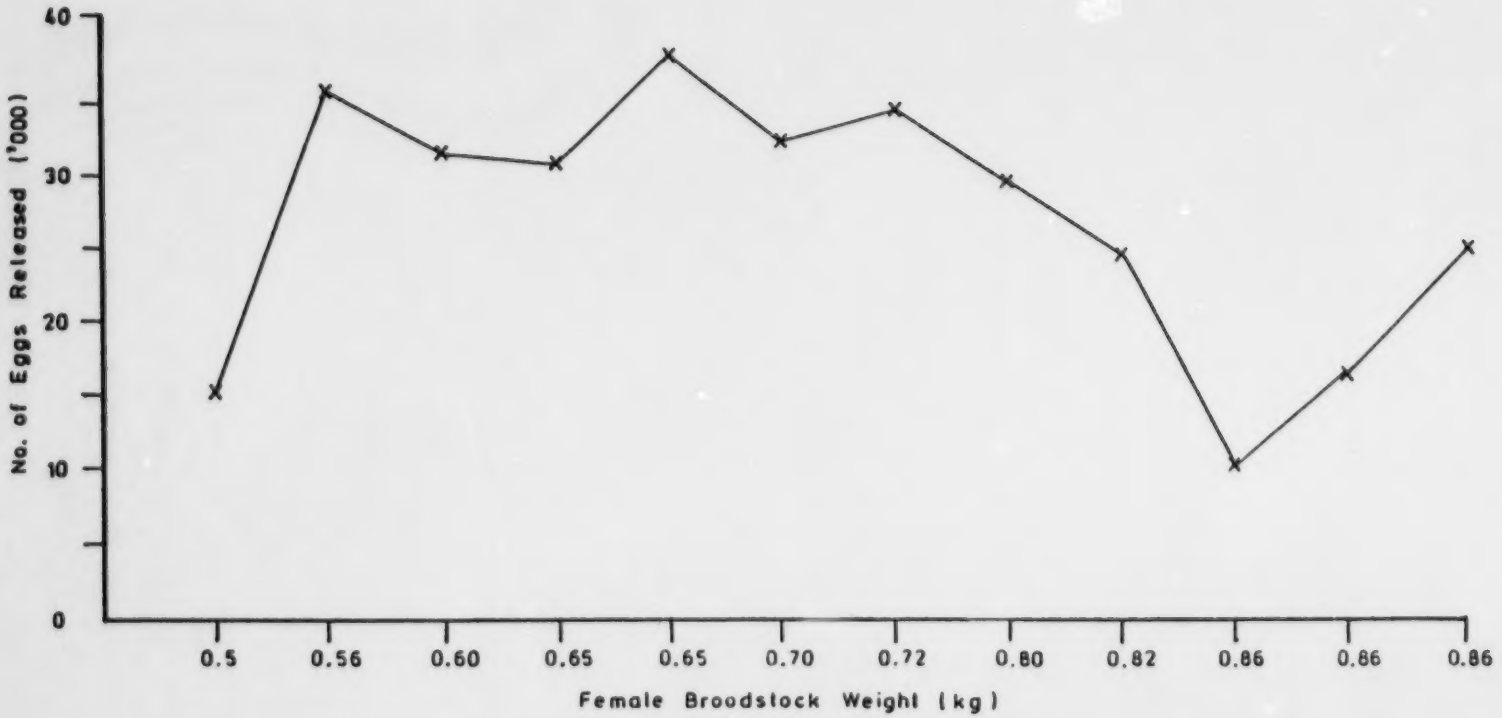


Fig. 1. Relationship between female broodstock and the number of eggs released at spawning by C. gariepinus.

released by the female broodstock. Broodstock with an average weight of 0.86 kg for the months of January, June, and December released 11 900, 28 000, and 18 300 eggs/kg body weight respectively.

C. gariepinus spawned throughout the year. Spawning took place 8 h after being placed in the spawning tank. Hatching of the fertilized eggs took place over 18 to 36 h. At a temperature of 28-30°C, the eggs hatched 18-30 h after spawning, whereas hatching took 30-36 h at a temperature of 20-26°C. Figure 2 shows the number of hatchlings produced per kilogram body weight of the female broodstock. Hatching was highest in October. Figure 3 shows the percentage hatching over 12 months. Average percentage hatching of the eggs ranged from 40.1 to 86%, with the highest incidence of hatching taking place during the rainy season (April to October). Hatching percentages were 50.24, 40.1, 42.0, 48.0, and 55.0% for the months of November, December, January, February, and March respectively. Hatching percentages were 80.0, 86.7, 79.2, 86.4, 85.1, 85.7, and 86.0% for the months of April to October respectively.

Previous experience has shown that rearing of the fry to the fingerling stage has an advantage over rearing in either concrete troughs (0.2 m x 5 m x 1 m) or fibreglass tanks.

Figure 4 shows the percentage survival of the fry after rearing in the grow-out pond for 4 weeks. The percentage survival ranged from 13.6 to 54.0%. Survival rates for the months of December, January, February, and March (dry season) were 26.7, 13.6, 14.25, and 20.0% respectively. Survival rates for April to November were 32.0, 30.0, 34.8, 42.1, 39.0, 54.0, 45.5, and 40.2% respectively. The percentage survival of the fry was higher during the rainy season than during the dry season.

It was interesting to note that there were three distinct size groups among the fingerlings obtained throughout the period. The sizes could be classified in broad terms as small, medium, and large.

Discussion

Pituitary extract of C. gariepinus was used to induce oocyte maturation and ovulation in C. gariepinus. This finding was supported by Carreon et al. (1973), who obtained 50-100% success in homoplastic hypophysation of C. macrocephalus. However, 100% successful oocyte maturation and ovulation was achieved in this study throughout the year in C. gariepinus. Micha (1975) used 11-desoxy-corticosterone acetate (DOCA) and Cyprinus carpio pituitary suspension to induce oocyte maturation and ovulation in the same fish. De Leeuw et al. (1985) achieved success with 17-hydroxy-progesterone with the combination of Pimozide/LHRHQ. Although controlled induction of oocyte maturation and ovulation is

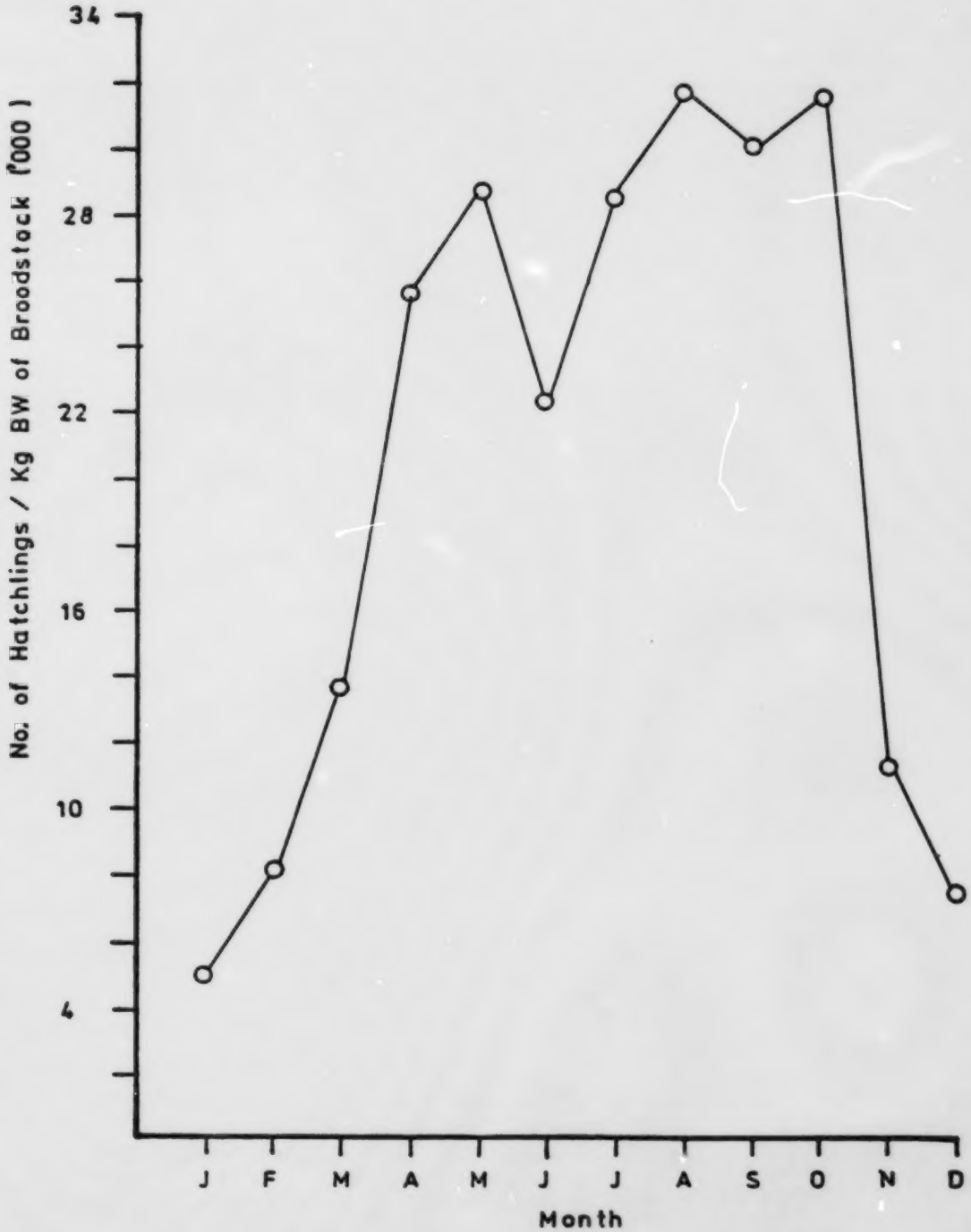


Fig. 2. Number of hatchlings produced per kilogram body weight of C. gariepinus female broodstock.

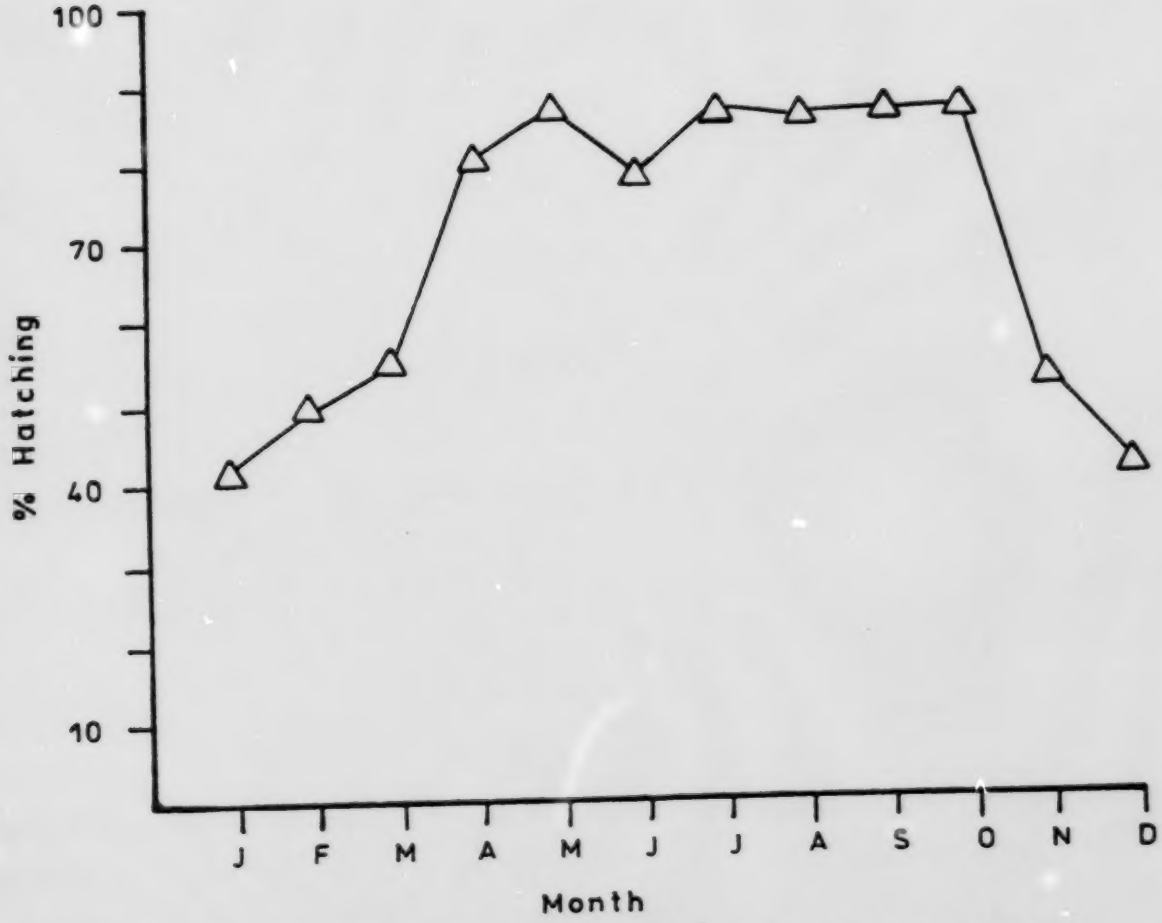


Fig. 3. Percentage hatching of the eggs of C. gariepinus over 12 months.

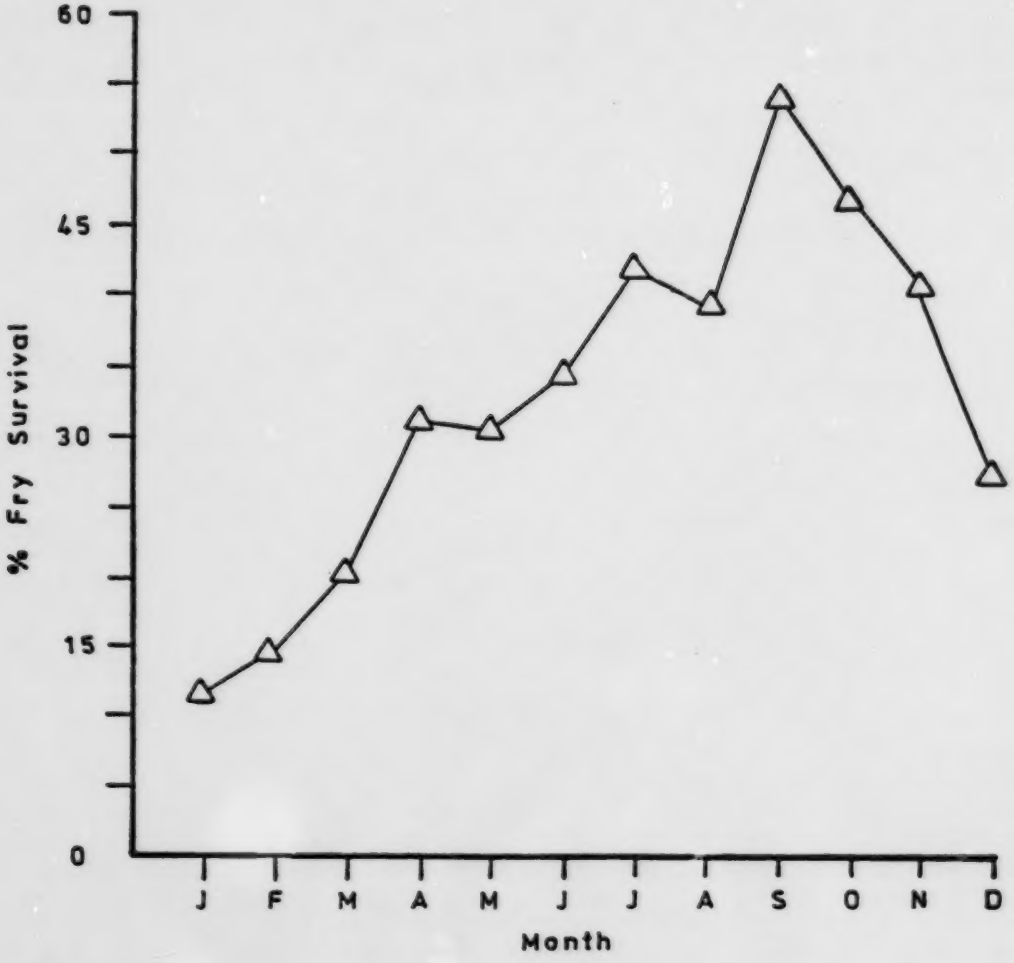


Fig. 4. Percentage fry survival of C. gariepinus over 12 months.

a widespread practice in fish farming throughout the world, interest along this line in Nigeria is very recent. This is probably the reason why there is only limited information on fish seed propagation in Nigerian fish species in general, and C. gariepinus in particular. Based upon this study and the work of Hogendoorn (1979), De Leeuw et al. (1985), and Richter et al. (1985), inducing oocyte maturation and ovulation in C. gariepinus is no longer a problem. This study achieved success in this regard throughout the year, a finding that is in agreement with the reports of Van Oordt and Goos (1987) and Janssen (1985).

Although spawning of C. gariepinus was achieved throughout the year, fingerling survival was not too encouraging. It was obvious from this study that the poor fry survival rate could not be due to poor water quality as the dissolved oxygen was maintained at about 7.0 ppm, the bacterial level was low (total viable count), the water column was maintained at a depth of 40 cm, and the temperature ranged from 23 to 28°C. However, the fry were maintained solely on the primary production obtained as a result of fertilizing the pond. Therefore, one of the reasons for the low fry survival rate could be insufficient protein in the diet. There were no striking differences in environmental conditions between the rainy season and the dry season, except the low temperatures recorded for November, December, and January. The differences in temperature affected the rate of hatching and probably fry survival. Another possible reason for the low fry survival rate throughout the year could be cannibalism among the fry and fingerlings.

Although the fry survival rate was low throughout the 12 months of the spawning and rearing trials, higher fry survival rates were obtained for the months of August, September, and October, which coincided with the peak of the rainy season. Moreover, the number of eggs released by the female broodfish and the percentage hatching were highest during this period. However, there are no indications that there might be monthly differences in the level of cannibalism. Other factors might be involved. It is important to investigate the interplay of nutrition with respect to C. gariepinus to maximize fry survival throughout the year. Because there were no striking differences in most of the environmental conditions, the present trend in developed parts of the world with respect to inducing oocyte maturation and ovulation involves the use of a synthetic steroid preparation, such as LHRHA, DOCA, or HCG, but in this study, a pituitary suspension from donor fish was used. Use of the fish pituitary extract to induce spawning necessitated sacrificing valuable, scarce breeders as donors due to the unavailability of the very expensive synthetic steroid preparations locally. In view of scarce foreign exchange, it was necessary to limit the scope of this study to the use of the pituitary extract of the fish. It would have been easy to establish a pituitary gland bank, but for the fish-head eating habit of Nigerians.

Conclusions

It was possible to induce oocyte maturation and ovulation in C. gariepinus throughout the year. Fry survival throughout the year was not too encouraging, the rainy season exhibiting higher fry survival rates than the dry season. It is necessary to investigate the interplay of nutrition as it affects fry survival throughout the year as the fry were fed only on phytoplankton and zooplankton produced as a result of fertilizing the ponds.

References

Carreon, J.A., Neutura, R.F., Almazan, G.J. 1973. Notes on the induced breeding of Clarias macrocephalus (Gunther). Aquaculture, 2(1), 5-16.

Carreon, J.A., Estocarpio, F.O., Enderz, E.M. 1976. Recommended procedures for induced spawning and fingerling production of Clarias macrocephalus (Gunther). Aquaculture, 8, 269-281.

De Leeuw, R.H.J., Goos, Th., Richter, C.J.J., Eding, H.H. 1985. Pimozide-LH Rita-induced breeding of the African catfish, Clarias gariepinus (Burchell). Aquaculture, 44, 295-302.

De Leeuw, R.H.J., Goos, Th., Van Oordt, P.G.W.J. 1987. The regulation of gonadotropin released by neurohormonal and gonadal steroids in the African catfish, Clarias gariepinus. Aquaculture, 63, 45-57.

Hogendoorn, H. 1979. Controlled propagation of the African catfish, Clarias lazera (C & V). 1. Reproductive biology and field experiments. Aquaculture, 17, 323-333.

Huisman, E.A. 1986. The aquacultural potential of the African catfish, Clarias gariepinus (Burchell 1822). In Huisman, E.A., ed., Aquaculture research in the African region. PUBOC, Wagenigen, Netherlands, 175-188.

Huisman, E.A., Richter, C.J.J. 1987. Reproduction, growth, health control and aquaculture potential of the African catfish, Clarias gariepinus (Burchell 1822). Aquaculture, 63, 1-14.

Janssen, J.A.L. 1985. L'élevage du poisson-chat africain, Clarias gariepinus en République centraafricain. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 100 pp.

Micha, J.C. 1975. Synthèse des essais de reproduction, d'alarinage et de production chez un silure africain, Clarias lazera. Committee on Inland Fisheries of Africa (CIFA)/75/SES.Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)/CIFA, Symposium on Aquaculture in Africa.

Richter, C.J.J., Eding, E.H., Roem, A.J. 1985. Hydroxy-progesterone-induced breeding of the African catfish, Clarias gariepinus (Burchell 1822), without priming with gonadotropin. Aquaculture, 44, 285-293.

Van Oordt, P.G.W.J., Goos, H.J. Th. 1987. The African catfish, Clarias gariepinus, a model for the study of reproductive endocrinology in telests. Aquaculture, 63, 15-26.

BILAN DES PREMIERS ESSAIS D'ÉLEVAGE D'UN SILURE AFRICAIN, HETEROBRANCHUS LONGIFILIS (CLARIIDAE), EN MILIEU LAGUNAIRE (LAGUNE ÉBRIÉ, CÔTE D'IVOIRE)

Marc Legendre
Centre de recherches océanographiques
B.P. V 18 Abidjan, Côte d'Ivoire

Résumé *Dans le cadre du programme d'identification des espèces autochtones présentant un intérêt potentiel pour l'aquaculture lagunaire, des recherches ont été entreprises depuis 1984 par le Centre de recherches océanographiques d'Abidjan sur la biologie et l'élevage de Heterobranchus longifilis. Ces travaux ont été menés dans le but :*

- *d'obtenir le cycle complet de l'espèce en captivité;*
- *d'évaluer ses performances aquacoles en milieu lagunaire.*

L'article présente un bilan des principaux résultats obtenus sur :

- *la biologie et le contrôle de la reproduction en captivité;*
- *les méthodes d'alevinage;*
- *la croissance en phases de prégrossissement et de grossissement;*
- *l'adaptabilité à l'eau saumâtre;*
- *l'hybridation avec Clarias gariepinus.*

Dans leur ensemble, les résultats confirment le remarquable potentiel de H. longifilis pour la pisciculture et justifient pleinement la poursuite et le renforcement de l'effort de recherches investi pour le développement de cette espèce.

Abstract *As a part of the program of identification of indigenous species presenting a potential interest for lagoon aquaculture, various studies have been carried out since 1984 by the Centre de recherches océanographiques of Abidjan on the biology and culture of Heterobranchus longifilis. These experiments were aimed at :*

- *completing the life cycle of the species in captivity; and*
- *evaluating its performance in brackish water aquaculture.*

This article presents an assessment of the main results obtained on:

- *the biology and control of reproduction in captivity;*
- *fry rearing methods;*
- *growth rates during the fingerling and grow-out phases;*
- *adaptability to brackish water; and*
- *hybridization with Clarias gariepinus.*

As a whole, the results confirm the remarkable potential of H. longifilis for fish culture and fully justify the continuance and the reinforcement of the research effort invested for the development of the culture of this species.

Introduction

Un programme d'identification des espèces autochtones présentant un intérêt potentiel pour la pisciculture dans les lagunes ivoiriennes a été mené depuis quelques années par le Centre de recherches océanographiques (CRO) d'Abidjan. Parmi les espèces qui ont pu être retenues, outre le mâchoiron (Chrysichthys nigrodigitatus) et le tilapia (Sarotherodon melanotheron), le silure, Heterobranchus longifilis (Fig. 1), est apparu comme une espèce particulièrement prometteuse.

L'aire de répartition de H. longifilis est très vaste et recouvre la quasi-totalité des grands bassins fluviaux de l'Afrique intertropicale (Daget 1954; Daget et Iltis 1965). En Côte d'Ivoire, cette espèce a été identifiée dans la plupart des bassins,

Fig. 1. Présentation de Heterobranchus longifilis.

ainsi que dans la lagune Ébrié où sa capture reste rare. Il s'agit d'une forme continentale qui ne colonise les eaux mixohalines que de façon occasionnelle (Daget et Iltis 1965). Récemment, la faisabilité de son élevage en milieu lagunaire oligo-mésohalin a été montrée à la Station de Layo, à partir d'un petit nombre de spécimens capturés sur le site (Legendre 1983).

De nombreuses caractéristiques sont favorables à une exploitation piscicole de H. longifilis : remarquable potentiel de croissance, grande robustesse, capacité à supporter des conditions hypoxiques grâce à son organe de respiration aérienne suprabranchial, régime alimentaire omnivore (Micha 1973; Bard et al. 1976; Legendre 1983). De plus, bien que faisant localement l'objet d'interdits alimentaires, ce silure est apprécié et recherché par la grande majorité des consommateurs ivoiriens, notamment ceux des régions nord et ouest du pays (Legendre 1987). Jusqu'à présent, le manque de disponibilité en alevins a constitué un obstacle majeur au développement de l'élevage de cette espèce.

Depuis 1984, les recherches entreprises par le CRO ont donc porté essentiellement sur l'établissement de techniques de reproduction induite et d'élevage larvaire. Les alevins obtenus en captivité ont permis de réaliser les premiers essais d'élevage de ce poisson en monoculture et d'évaluer ses performances aquacoles en milieu lagunaire. L'objet du présent article est de synthétiser les principaux résultats obtenus concernant ces différents points. Des données préliminaires portant sur l'adaptabilité de H. longifilis à l'eau saumâtre et sur son hybridation avec Clarias gariepinus sont également présentées.

Présentation du site

Les expérimentations ont été réalisées à la Station de Layo. Cette station est située sur la rive nord de la lagune Ébrié, à 40 km à l'ouest d'Abidjan, dans une région où l'hydroclimat est fortement influencé par la proximité du débouché en lagune d'une rivière forestière, l'Agneby (Albaret et Legendre 1983; Guiral 1983).

À Layo, la salinité moyenne mensuelle de la lagune varie de 0,5 g L^{-1} durant la grande saison des pluies (de juin à juillet), à 8 g L^{-1} lors de la grande saison sèche (de janvier à avril). Durant cette dernière, la salinité peut temporairement atteindre 10 g L^{-1}. La température de l'eau fluctue entre 25 et 32 °C, les valeurs minimales étant atteintes en saison des pluies. Un net refroidissement de l'eau est aussi enregistré en décembre-janvier pendant la période d'Harmattan (vent frais et sec venant du nord). Les températures les plus fortes s'observent en novembre et de février à avril, en fin de grande saison sèche. Le PH est généralement compris entre 6,5 et 7,5.

Reproduction

La reproduction de H. longifilis peut être obtenue en conditions semi-naturelles avec des couples isolés en bassin (Seka 1984), mais les résultats paraissent aléatoires et conduisent à de grandes pertes d'oeufs. La reproduction induite et la fécondation artificielle sont donc préférables afin d'exercer un meilleur contrôle sur toutes les phases de la production des larves. Ces techniques sont à présent bien maîtrisées.

La maturation ovocytaire et l'ovulation sont provoquées par injection de gonadotrophine chorionique humaine (HCG), après sélection des femelles sur la base d'un diamètre ovocytaire modal voisin de 1,5 mm. Jusqu'à présent, 100 % de réponses (56 femelles) ont été obtenues après une seule injection intramusculaire de HCG à une dose comprise entre 1,0 et 2,5 UI g^{-1} de poids corporel. La dose de 1,5 UI g^{-1} est néanmoins recommandée pour une application en routine. Le temps de latence entre l'injection et la collecte des ovocytes varie avec la température de l'eau; dans la gamme de 26 à 31 °C, il peut être calculé d'après la relation présentée sur la Fig. 2. Les ovocytes recueillis après le traitement sont de bonne qualité et conduisent, après fécondation, à l'obtention d'une importante proportion de larves normales (73 % $\pm$ 6, N = 47).

Les oeufs sont munis d'un large disque adhésif. Leur incubation est effectuée en eau stagnante et à l'obscurité. À 27-29 °C, l'éclosion intervient 24 à 28 h après la fécondation.

Contrairement aux ovocytes, le sperme ne peut être collecté par massage abdominal, vraisemblablement du fait de l'anatomie particulière des testicules commune aux clariidae. Il est donc nécessaire de procéder au sacrifice du mâle, puis à la dissection et à l'incision des testicules pour recueillir le sperme. La quantité de semence ainsi obtenue par individu est généralement suffisante (de 0,5 à 20 ml, selon la taille des poissons) pour féconder plusieurs centaines de milliers d'ovocytes. Le nombre de mâles nécessaire à une fécondation massive reste donc réduit.

Des ovocytes de bonne qualité et des spermatozoïdes fécondants peuvent être collectés tout au long de l'année, à partir des géniteurs élevés en milieu lagunaire. Chez les femelles, les diamètres ovocytaires moyens, mesurés après biopsie intra-ovarienne, restent en toutes saisons supérieurs au diamètre critique de réponse au HCG, lequel est estimé à environ 1,0 mm (Legendre 1986). Des variations saisonnières dans l'état sexuel des femelles sont toutefois mises en évidence : la quantité moyenne d'ovocytes collectés par kilogramme de femelle après le traitement hormonal s'avère, en effet, beaucoup plus faible de décembre à février (28 000 $\pm$ 7 000, N = 22), au début de la grande saison sèche, qu'en juin-juillet (67 000 $\pm$ 10 000, N = 19) au plus fort de la saison des pluies. En outre, une corrélation significative (r = 0,90) entre le nombre total d'ovules collectés et le poids corporel des femelles n'est observée qu'en juin-juillet (Fig. 3). L'absence de

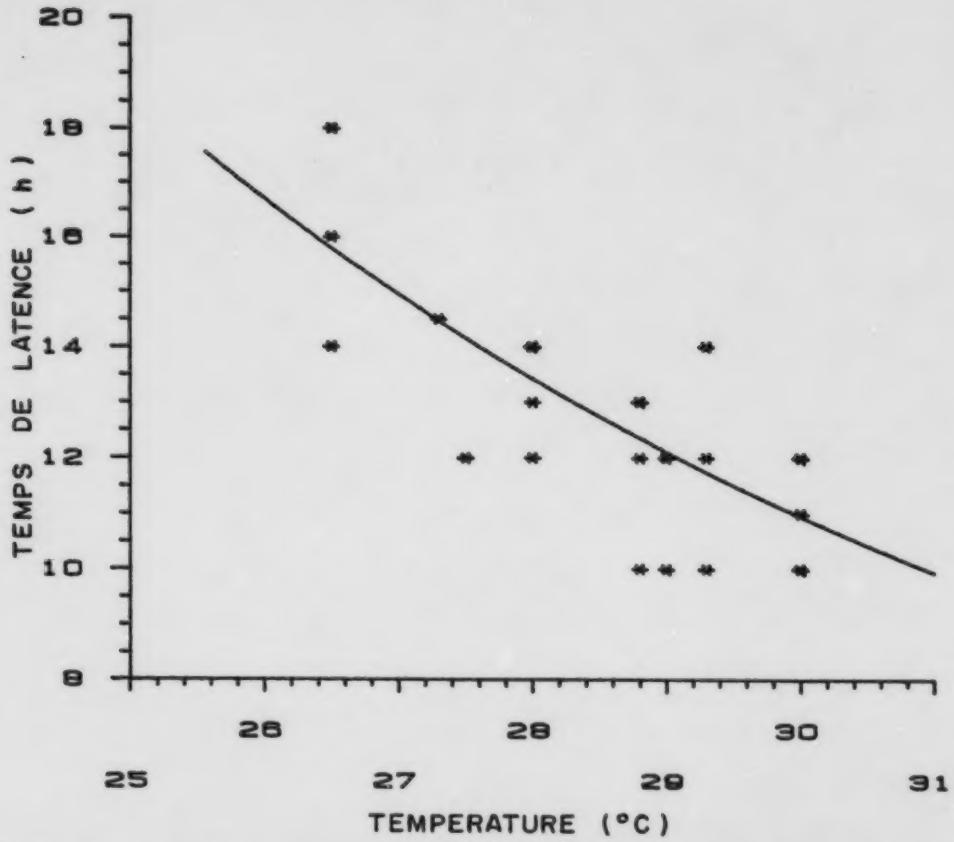


Fig. 2. Relation entre la température de l'eau et le temps de latence après traitement avec HCG chez <u>Heterobranchus longifilis</u>.

corrélation constatée pour la période de décembre à février (Fig. 3) et le faible nombre d'ovocytes collectés montrent une plus forte disparité dans l'état physiologique des ovaires des différentes femelles à cette saison. Ainsi, bien que des ovules puissent être obtenus toute l'année, ces résultats indiquent clairement que la saison des pluies correspond à la saison de reproduction privilégiée de l'espèce, ce qui est en accord avec les observations effectuées en milieu dulçaquicole par Micha (1973). La baisse de la fécondité relative observée en début de saison sèche s'accompagne d'une augmentation de la proportion d'ovocytes en atrésie dans les ovaires. Ce phénomène pourrait être lié, d'une part, à l'augmentation progressive de la température de l'eau durant les mois d'octobre et de novembre et, d'autre part, au faible niveau des précipitations enregistrées de décembre à février. La maturité sexuelle de <u>H. longifilis</u> en milieu lagunaire apparaît, au contraire, peu dépendante des évolutions saisonnières de la salinité dans la gamme observée sur le site de Layo (entre 0 et 10 g L^{-1}) (Legendre 1986).

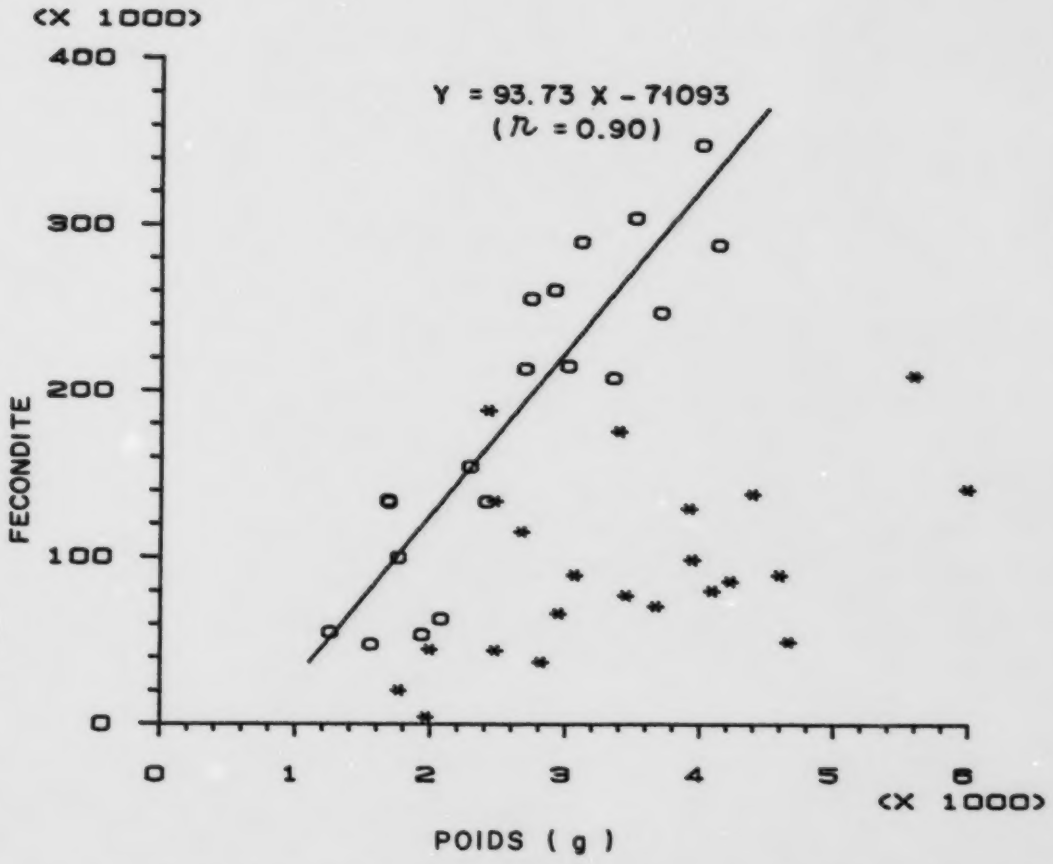


Fig. 3. Relation entre le poids corporel des femelles et le nombre d'ovules collectés (fécondité) après traitement avec HCG chez H. longifilis.

Note : La régression n'est calculée que pour les valeurs obtenues en saison des pluies (juin-juillet) [o]. Les valeurs obtenues en début de saison sèche (décembre à février) [*] sont présentées pour comparaison.

Le fait que l'ovulation ait été provoquée successivement à deux, cinq, six et quatre mois d'intervalle chez une même femelle (Tableau 1) montre que, chez H. longifilis, un même individu peut être reproduit au moins cinq fois de suite avec HCG sans aucun inconvénient. Ce résultat indique, en outre, qu'après le traitement hormonal, une reprise rapide de l'ovogénèse s'effectue chez les femelles élevées en enclos. La fréquence minimale d'induction répétée de la ponte, permettant de conserver un bon niveau de fécondité et de qualité des ovules, reste encore à déterminer.

Tableau 1. Nombre d'ovules collectés et taux d'éclosion obtenus après induction répétée de l'ovulation avec HCG, chez une même femelle de H. longifilis, élevée en enclos lagunaire et identifiée par marquage.

Date	Poids corporel (g)	Nombre d'ovules collectés par kg de femelle	Larves normales (%)	Larves déformées (%)
24.04.84	2 070	44 000	88,5	7,2
03.07.84	2 420	56 000	95,8	1,7
06.12.84	3 072	29 000	91,1	5,3
06.06.85	3 532	87 000	-	-
17.10.85	3 900	47 000	75,1	4,3

La possibilité d'obtenir annuellement plusieurs pontes par femelle, ajoutée à une fécondité élevée, constitue un grand avantage de l'espèce pour la pisciculture dans la mesure où une production massive et continue en alevins peut être envisagée à partir d'un stock de géniteurs d'effectif relativement limité.

En élevage en enclos, la première maturation sexuelle est relativement tardive. Elle intervient vers l'âge d'un an, à un moment où la taille des poissons (500 mm environ) permet déjà d'envisager leur commercialisation.

Alevinage

Premières tentatives

Bien que le cycle complet de H. longifilis ait été réalisé intégralement à plusieurs reprises à la Station de Layo, les taux de survie obtenus à l'issue des premières tentatives d'élevage des larves et des alevins se sont montrés variables et généralement peu élevés. Ces essais, réalisés en écloserie avec différents types d'aliments inertes (cervelle broyée, oeufs bouillis, poudre composée, levure de bière, etc.), ont conduit, au début du cycle vital, à de très fortes mortalités (survie de l'ordre de 1 % à trois semaines) et à une grande variabilité individuelle des résultats de croissance. Ces aliments, bien qu'activement ingérés dès la fin de la résorption vitelline, apparaissent donc mal utilisés. Mais il s'y ajoute vraisemblablement d'autres problèmes, notamment la qualité de l'eau de la Station de Layo, généralement très turbide. La croissance hétérogène des alevins, résultant de ces conditions défavorables, conduit secondairement au cannibalisme.

L'élevage en étang pourrait être à même de résoudre au moins partiellement ces problèmes grâce, en particulier, à leur richesse en nourriture naturelle, et notamment en zooplancton (Legendre et

al. 1987). Cependant, l'empoissonnement des étangs avec des alevins de trois jours en fin de résorption vitelline s'est, jusqu'à présent, toujours soldé par un échec, du fait de la présence et de la prolifération difficilement contrôlables de batraciens et d'insectes aquatiques (notonectes, ranâtres, larves de libellules, etc.) En conséquence, l'empoissonnement des étangs ne doit être réalisé que plus tardivement avec des alevins d'au moins 15 à 20 jours (poids de 100-300 mg) déjà capables d'échapper à la majorité de ces prédateurs.

La phase cruciale se limite donc aux trois premières semaines, durant lesquelles le principal problème est de disposer d'une quantité suffisante de proies planctoniques adéquates, en maintenant les alevins à l'abri de leurs prédateurs.

Dans ce sens, une solution intermédiaire a été testée. Elle consiste à placer les alevins en fin de résorbtion vitelline dans des cages de petits maillages implantées directement dans les étangs. Un pompage de l'étang vers les cages est réalisé en continu pour favoriser les échanges d'eau et l'approvisionnement en proies planctoniques.

Après 18 jours d'élevage, les taux de survie obtenus sont compris entre 22 et 50 % en fonction de la densité initiale d'empoissonnement (entre 4 000 et 20 000 alevins/m^3). L'alimentation à base de zooplancton n'est indispensable qu'au cours de la première semaine d'élevage. Au-delà, un aliment artificiel riche en protéines (50 %) paraît, au contraire, devoir s'y substituer progressivement pour maintenir la croissance. Dans ces conditions, le gain en poids des alevins s'est avéré satisfaisant (passage de 2 à 150 mg de poids moyen en 18 jours) et relativement homogène (coefficient de variation de 25 à 30 %). Ces résultats apparaissent très encourageants, mais restent perfectibles.

Régime alimentaire des alevins

Dans le but d'identifier les proies préférentielles des larves et alevins de H. longifilis afin d'en favoriser le développement en étang ou d'en faire la culture pour l'alimentation des poissons en bassins, le régime alimentaire des alevins a été étudié dans différentes situations d'élevage (Legendre et al. 1988) : en étang sans apport d'aliments artificiels, et en bassin de grand volume préalablement ensemencé en zooplancton. Les observations ont porté sur l'évolution du régime entre la première prise d'aliments et l'âge de 30 jours et sur les variations nycthémérales de l'alimentation chez des alevins âgés de 11 jours (P = 30 mg). Les résultats sont les suivants :

- La première prise d'aliments s'effectue dès l'âge de 2 jours, alors que la vésicule vitelline des alevins n'est pas encore entièrement résorbée. À ce stade, les alevins, dont la largeur de la bouche est d'environ 1 mm, sont déjà capables d'ingérer des proies planctoniques de grande taille

(adultes de Moina et de cyclopides de 600 à 800 µm). Le régime alimentaire, essentiellement zooplanctonophage jusqu'à l'âge de 5-6 jours, tend par la suite à se diversifier progressivement avec l'incorporation d'insectes de taille croissante, principalement de larves de chironomides. L'examen des contenus stomacaux d'individus plus âgés (31 jours, L = 55 mm) élevés en étang montre un régime plus diversifié, où larves de chironomides et insectes constituent pondéralement les proies principales, alors que le zooplancton est encore présent en effectif important. À ce stade, on trouve également, dans des coquilles de gastéropodes, des détritus organiques, des débris de végétaux, et des graines, qui traduisent l'évolution du régime vers celui de l'adulte, considéré comme un omnivore à tendance carnassière (Micha 1973).

° Les alevins se nourrissent de façon continue de jour et de nuit, sans qu'un rythme quelconque dans la prise d'aliments ne soit mis en évidence. En revanche, la qualité des proies ingérées montre une nette évolution au cours du cycthémère. Ainsi, les Moina, très peu consommés de jour, représentent numériquement et pondéralement (Fig. 4) la part la plus importante des proies identifiées dans le tractus digestif des alevins pendant la nuit. Ce changement de régime est à mettre en relation avec le comportement des alevins. Dans les structures d'élevage, ceux-ci se confinent au voisinage du fond pendant la journée, alors qu'ils occupent toute la couche d'eau pendant la nuit avec une grande mobilité. Ce fait est sans doute à rapprocher de leur caractère photophobe marqué.

° Les indices de sélectivité (indice de Paloheimo : Lazarro 1987) calculés pour les différentes proies échantillonnées en pleine eau confirment ces observations. Ils montrent (Fig. 5) que si les copépodes et les ostracodes sont fortement sélectionnés de jour, pendant la nuit, la sélection s'exerce principalement sur Moina. En outre, la forte sélection constatée ici vis-à-vis de ce cladocère semble encore sous-estimée, notamment en comparaison de celle des ostracodes. Les rapports moyens, par catégorie, du nombre de proies dans les intestins sur le nombre de proies identifiées dans l'ensemble du tractus tendent, en effet, à montrer une accumulation des ostracodes au niveau de l'intestin (63,5, s = 11,1), alors que les Moina sont plus abondants dans les estomacs (45,9, s = 8,3) et que les copépodes occupent une position intermédiaire (55,8, s = 10,2). Ces résultats pourraient s'expliquer par une lyse plus rapide et plus complète des Moina dans le tractus digestif, ou encore par une durée de transit intestinal plus longue des carapaces d'ostracodes.

En raison de la forte sélection qui s'exerce à son égard, et de sa meilleure digestibilité apparente, le cladocère Moina semble

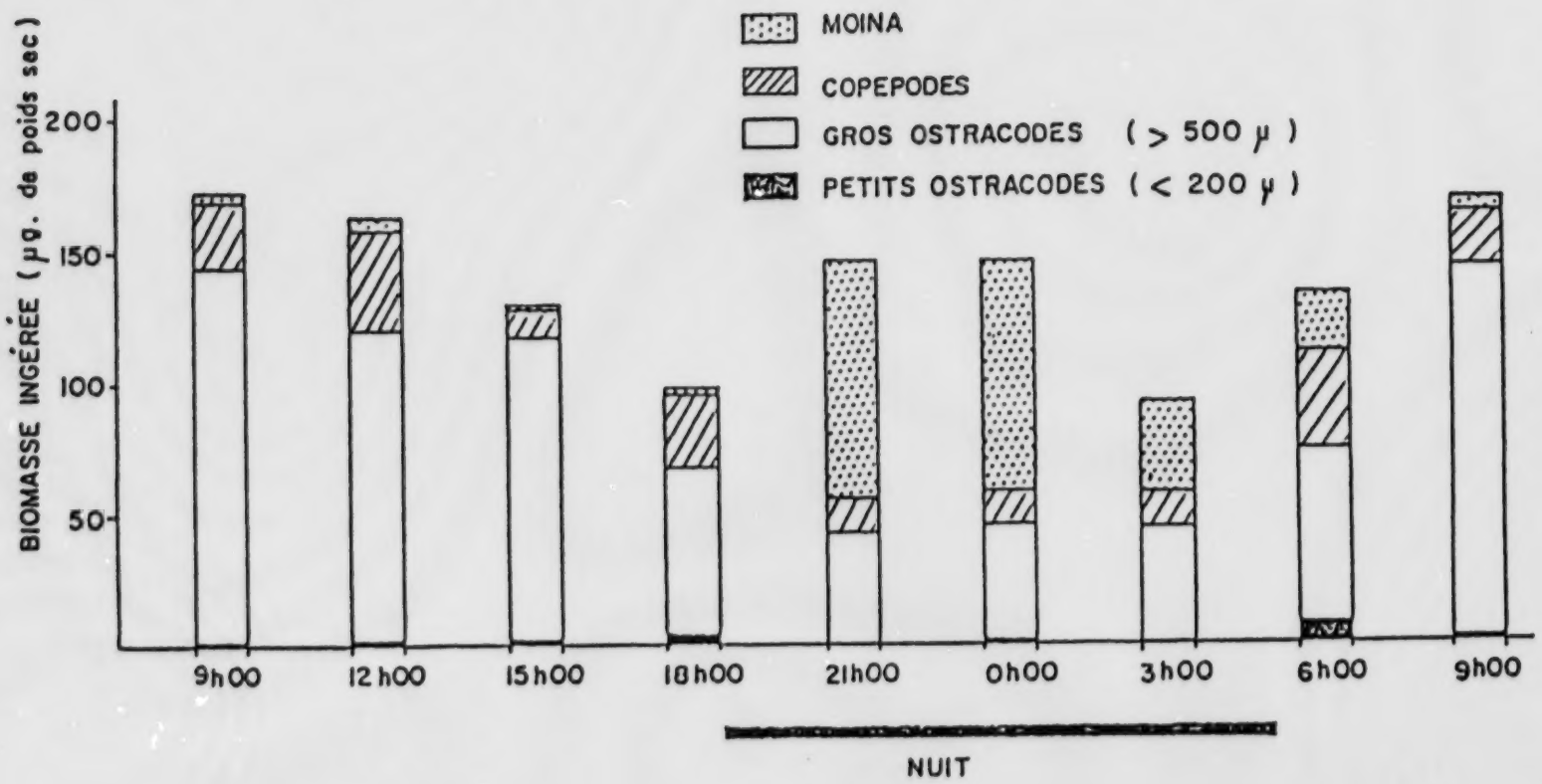


Fig. 4. Évolution nycthémérale des biomasses des principales catégories de proies ingérées par les alevins de H. longifilis (âge = 11 jours).

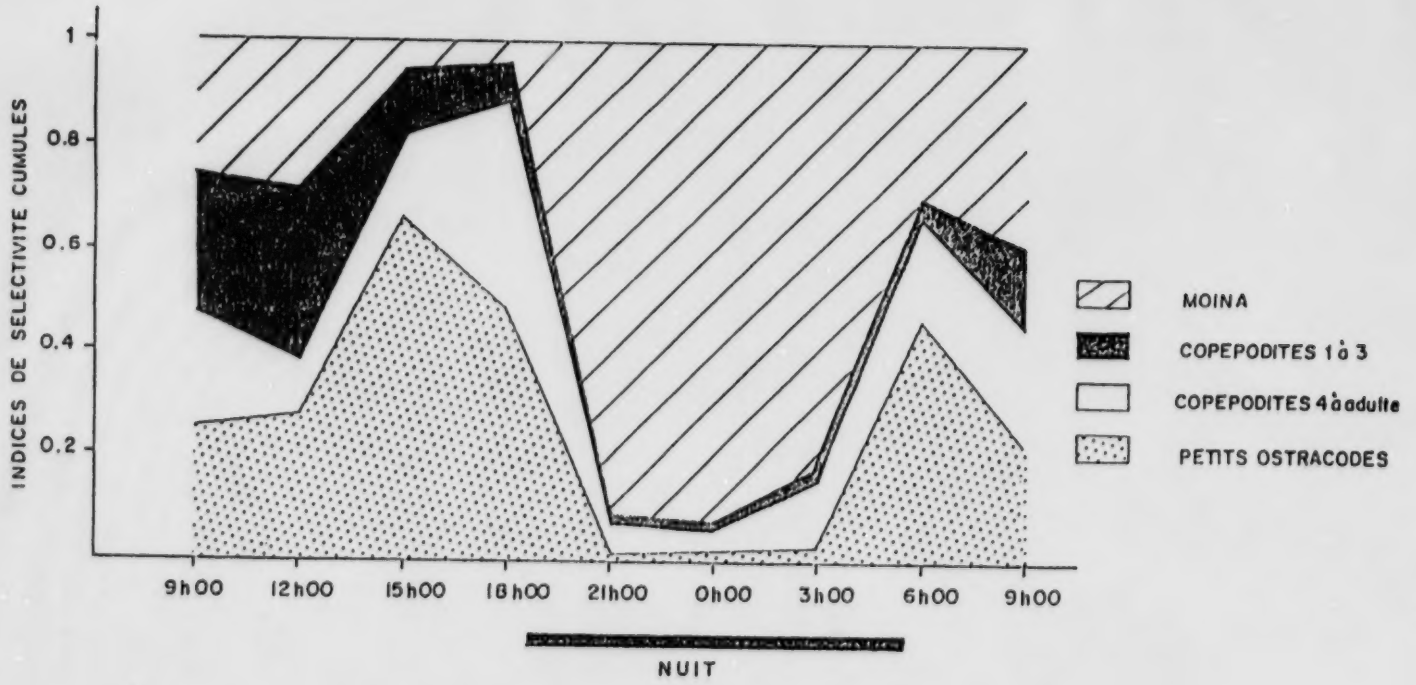


Fig. 5. Évolution nycthémérale des indices de sélectivité (indice de Paloheimo) calculés pour les principales catégories de proies de pleine eau ingérées par les alevins de H. longifilis (âge = 11 jours).

constituer, parmi les proies planctoniques disponibles localement, un aliment de départ tout indiqué pour l'alevinage de H. longifilis. Il apparaît, par ailleurs, que l'alevinage devrait être réalisé dans une relative pénombre et que le nourrissage des alevins devrait s'effectuer de façon continue sur 24 h.

Approche actuelle

Sur la base de ces différents résultats, deux options d'alevinage de H. longifilis demandent à être développées et testées à plus grande échelle :

- L'alevinage selon la méthode extensive d'élevage en cages implantées en étangs apparaît particulièrement séduisante du fait de sa grande simplicité. Pendant les 10 premiers jours, le système ne nécessite aucun entretien, si ce n'est un brossage régulier des cages pour limiter leur colmatage. Dans le cadre d'une production massive d'alevins, le succès de cette méthode devrait reposer en grande partie sur la possibilité de maintenir de fortes biomasses planctoniques dans les étangs par fertilisation (Legendre et al. 1987).

- L'alevinage en bassins d'écloserie est probablement l'option qui correspond mieux aux impératifs d'une production à grande échelle. Son succès dépend avant tout d'un approvisionnement suffisant en proies adéquates et d'une eau de bonne qualité.

Récemment, l'utilisation de nauplii d'Artemia salina comme aliment de départ a permis d'atteindre jusqu'à 70 à 85 % de survie, dans des conditions de croissance satisfaisantes, après 15 jours d'élevage en bacs expérimentaux de petit volume. Ces résultats prometteurs sont à rapprocher de ceux obtenus avec Clarias gariepinus (Hogendoorn 1980) et montrent que l'Artemia constitue une solution possible au problème du nourrissage des alevins de H. longifilis en milieu artificiel. Néanmoins, dans le but de valoriser les potentialités locales en proies naturelles, des essais de production contrôlée de Moina micrura sont en cours. Son temps de génération est court - environ 40 h à 30 °C (Bonou 1986) - ce qui constitue un élément favorable. Des concentrations supérieures à 4 000 individus par litre peuvent être rapidement obtenues dans des bassins (2 m^3) en eau stagnante, oxygénée et fertilisée avec de la fiente de poulet. La moitié de la population des bassins peut alors être prélevée périodiquement sans dommage, la densité en Moina étant restaurée à son niveau initial après seulement deux jours (Bonou, communication personnelle). Les performances de croissance et de survie chez des alevins nourris respectivement avec Moina ou Artemia comme premiers aliments seront prochainement comparées.

Prégrossissement et grossissement

Contrairement à l'alevinage, les phases de prégrossissement et de grossissement ne posent pas de difficultés particulières. À partir d'un poids d'environ 300 mg, soit après trois semaines d'élevage, H. longifilis accepte fort bien la nourriture artificielle à 35 % de protéines brutes, habituellement utilisée pour le mâchoiron. Cet aliment a donc été retenu pour les premiers essais de prégrossissement et de grossissement.

Le prégrossissement a été principalement réalisé en étangs lagunaires alimentés en eau par la nappe phréatique, mais il pourrait aussi bien s'effectuer en bassins (Tableau 2). Selon la densité initiale (entre 1 et 10 poissons par m^2), H. longifilis atteint en étang un poids moyen de 50 g en 5 à 10 semaines, à partir d'alevins de 0,1 g. Les taux de survie sont généralement supérieurs à 50 %, mais ils restent fluctuants. Durant cette phase, deux facteurs de mortalité apparaissent particulièrement importants à maîtriser : la prédation et le cannibalisme. Le premier peut être évité par une bonne préparation des étangs qui, peu avant l'empoissonnement, doivent être vidangés et curés, et recevoir une application de chaux vive afin d'éliminer les espèces parasites. Pour limiter le second, il semble absolument essentiel d'empoissonner les structures avec des alevins de taille bien calibrée, ce qui peut nécessiter un tri préalable.

Les premiers essais de grossissement réalisés en monoculture ont été menés dans diverses structures d'élevage. En enclos, en cage-enclos et en bassin, les poissons étaient nourris 6 jours par semaine, à raison d'une ration alimentaire journalière fixée à 3 % de leur biomasse. En étang, la ration, initialement fixée à 5 % de la biomasse, a ensuite été réduite à 3 %, puis à 1 % lorsque les poissons ont atteint les poids moyens de 100 et de 500 g, respectivement.

Dans tous ces essais, la croissance de H. longifilis s'est avérée très rapide et peu influencée par le type de structure

Tableau 2. Résultats des essais de prégrossissement de H. longifilis obtenus sur la Station de Layo.

Structure (superficie)	Densité initiale (N/m^2)	Poids moyen initial (g)	Poids moyen final (g)	Durée de suivi (semaines)	Survie (%)
Bassin (4 m^2)	8	4,5	50	4	100
Étang (750 m^2)	0,7	0,15	54	5	> 66[a]
Étang (520 m^2)	10	0,77	23	10	55
Étang (750 m^2)	10	0,10	53	10	10
Étang (480 m^2)	8	0,10	55	10	64

[a] Survie déterminée lors de la vidange de l'étang après 10 mois d'élevage (cf. Tableau 3).

Tableau 3. Récapitulatif des essais de grossissement de H. longifilis effectués sur la Station de Layo.

Année	Structure (superficie)	Densité initiale (N/m²)	Poids moyen initial (g)	Poids moyen final (g)	Durée du suivi (j)	Gain pondéral journalier ($g.J^{-1}$)	Survie (%)	QN global	QN intermédiaire
1984-1985	Étang (750 m²)	0,7	0,15	1 083	308	3,52	66	1,41	-
1985-1986	Cage-enclos (4 m²)	3,0	58	482	155	2,74	100	2,36	-
1986	Cage-enclos (4 m²)	8,5	57	976	290	3,17	80	4,1	1,98
1986-1987	Cage-enclos (25 m²)	4,0	56	1 119	365	2,91	89	3,85	2,04
1986-1987	Cage-enclos (25 m²)	4,0	28	1 180	380	2,81	92	3,54	2,05
1987-1988	Cage-enclos 25 m²)	4,0	397	1 640	319	3,90	88	6,68	-
1987-1988	Cage-enclos (4 m²)	7,5	140	1 164	341	3,00	50	6,69	1,79
1987-1988	Enclos (625 m²)	2,0	35	2 115	487	4,27	72	4,35	1,74
1988	Bassin (4 m²)	7,5	5	479	146	3,24	97	1,52	-

Notes :

1. Le quotient nutritif (QN) est calculé par le rapport entre le poids total de nourriture distribuée et l'accroissement en biomasse des poissons sur une période donnée.

2. Le «QN global» correspond à l'ensemble de la période d'expérimentation.

3. Le «QN intermédiaire» est calculé entre le début de l'expérimentation et le moment où les poissons ont atteint un poids moyen de 500 à 600 g.

4. Dans tous les cas, les poissons sont nourris avec un aliment granulé contenant 35 % de protéines brutes.

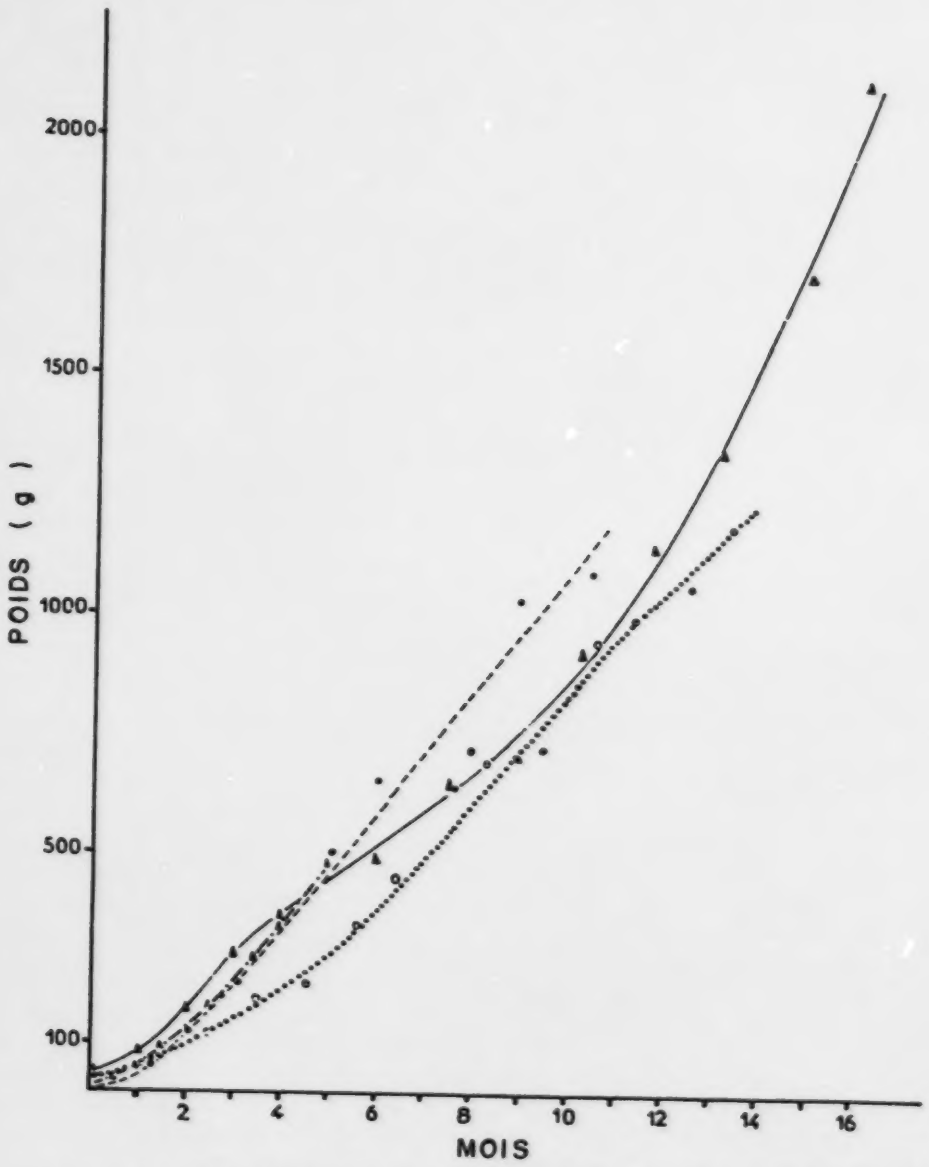


Fig. 6. Croissance de H. longifilis dans différentes structures d'élevage (0...0 = cage-enclos; ——— = enclos; — — = bassin; -- -- = étang).

Note : Dans tous les cas, les poissons sont nourris avec un aliment granulé contenant 35% de protéines animales.

utilisé (Tableau 3 et Fig. 6). On atteint généralement 500 g en 6 mois et plus d'un kilo en 12 mois, les croissances moyennes se situant aux alentours de 3-4 g j^{-1}. Jusqu'au poids moyen de

500-600 g, les quotients nutritifs (QN) obtenus, voisins de 2 et souvent inférieurs, sont excellents. À l'exception de l'essai réalisé en étang, on note, en revanche, une élévation sensible des QN lorsque l'élevage est poursuivi jusqu'à un poids dépassant le kilo (Tableau 3). Ceci semble lié, au moins en partie, à une ration alimentaire trop généreuse pour ces individus de grande taille, et devrait à l'avenir être réduite en-dessous de 3 % de la biomasse pour les poissons de plus de 500 g.

Dans leur ensemble, ces premiers essais apparaissent très positifs. Ils confirment la croissance très rapide de H. longifilis et sa nette supériorité par rapport à celle des autres poissons déjà testés en pisciculture lagunaire en Côte d'Ivoire. En outre, la bonne transformation de l'alimentation artificielle constatée jusque vers 600 g laisse entrevoir la possibilité pour les éleveurs de produire cette espèce avec profit en effectuant deux cycles par an. Il importe à présent de définir les conditions optimales de réalisation de ces phases de l'élevage (structure, alimentation, densité) pour exprimer au mieux le potentiel de croissance de l'espèce. En enclos, à faible densité et en association avec des tilapias, on sait que la croissance moyenne avoisine 10 g j^{-1} chez des individus de poids compris entre 200 et 3 000 g (Legendre 1983).

Adaptabilité au milieu lagunaire

Des spécimens de H. longifilis sont élevés en milieu lagunaire sur la Station de Layo, depuis 4 ans. Aucun pic particulier de mortalité n'a été observé en liaison avec l'augmentation saisonnière de la salinité. De plus, la croissance des poissons s'est avérée aussi rapide en saison sèche (de janvier à avril), avec une salinité comprise entre 5 et 10 g L^{-1}, qu'en saison des pluies (juin-juillet), lorsque la salinité est souvent voisine de zéro (Fig. 7). Malgré son origine continentale, l'espèce semble donc très bien se prêter à un élevage dans les zones oligomésohalines (salinité inférieure à 10 g L^{-1}), qui représentent déjà plus de la moitié de la superficie des lagunes ivoiriennes. Les limites supérieures de tolérance à la salinité des juvéniles et des adultes n'ont cependant pas encore été déterminées avec précision, et pourraient s'avérer plus élevées.

En revanche, les oeufs et les alevins de H. longifilis apparaissent plus sensibles à la salinité du milieu :

- Alors que la proportion de larves normale est généralement élevée après incubation des oeufs en eau douce, aucune éclosion n'est obtenue lorsque l'incubation est effectuée dans une eau de salinité supérieure à 6 g L^{-1}.

- Les taux de survie observés durant les 10 premiers jours d'élevage sur des groupes de 30 alevins, transférés direc-

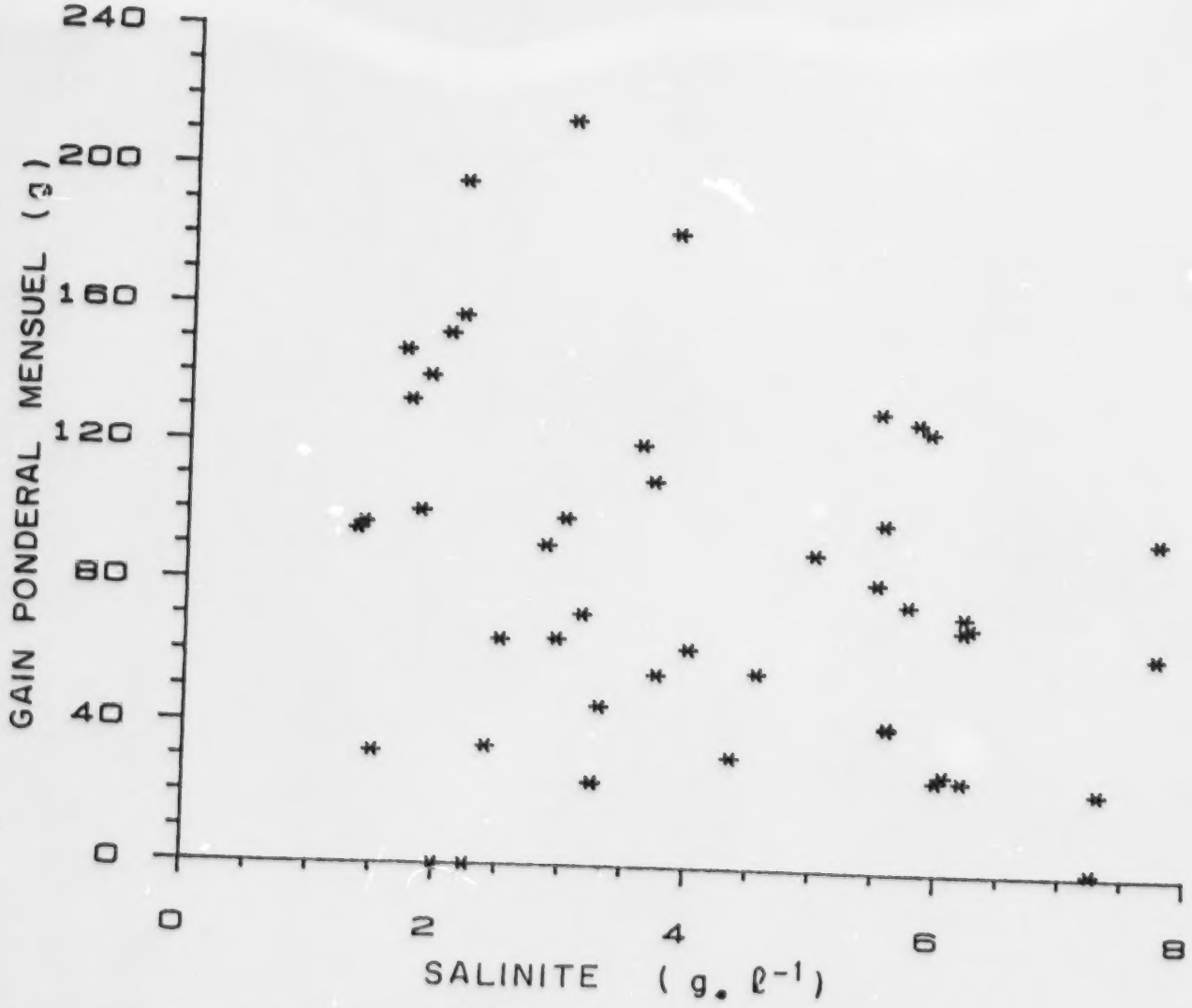


Fig. 7. Représentation du gain pondéral mensuel de H. longifilis élevé en cages-enclos, en fonction de la salinité moyenne mensuelle de la lagune à la Station de Layo (N = 48).

tement le jour de l'éclosion en eau de mer diluée à différentes salinités (Fig. 8), montrent que si l'alevinage est envisageable dans des eaux pouvant aller jusqu'à 5 g L^{-1}, des valeurs supérieures conduisent rapidement à une survie faible, voire nulle.

L'alevinage de H. longifilis ne peut donc être réalisé à longueur d'année que dans les zones lagunaires très oligohalines. Dans les autres zones, une alimentation des écloseries en eau douce est nécessaire, les alevins ne devant être transférés en eau saumâtre qu'à un âge plus avancé et selon des modalités qui sont actuellement à l'étude.

Hybridation

L'hybridation n'a encore été que fort peu étudiée au sein des clariidés et pourrait éventuellement présenter un intérêt pour la pisciculture (obtention de lignées monosexes ou stériles, amélioration de la croissance, etc.).

Récemment, à Layo, les croisements réciproques entre Heterobranchus longifilis et Clarias gariepinus (fournis par la Station de l'IDESSA, Bouaké) ont été tentés avec succès après induction hormonale de l'ovulation et fécondation artificielle.

À l'éclosion, les proportions de larves normales obtenues chez les hybrides et les lignées parentales sont très voisines et démontrent une remarquable interfécondabilité entre ces deux espèces (Fig. 9). Les deux hybrides sont parfaitement viables. Toutefois, après un transfert trop précoce des alevins en eau de lagune à 8 g L^{-1} de salinité, seules les lignées Heterobranchus et H. longifilis femelle x C. gariepinus mâle ont pu être conservées, bien qu'en effectifs restreints (quelques centaines).

Sur le plan morphologique, les hybrides présentent plusieurs caractéristiques intermédiaires à celles de leurs espèces parentales, et notamment la présence d'une nageoire dorsale adipeuse courte, alors que H. longifilis en possède une grande et que C. gariepinus en est totalement dépourvu. En proportion, les rapports de la longueur de la nageoire adipeuse sur la longueur totale de la nageoire dorsale (rayonnée + adipeuse) sont de 48,2 % $\pm$ 0,7 (N = 19) et de 27,6 % $\pm$ 1,0 (N = 20) chez H. longifilis et chez l'hybride, respectivement.

Bien que d'une taille équivalente à l'éclosion (4,5 $\pm$ 0,1 mm), l'hybride H. longifilis femelle x C. gariepinus mâle paraît présenter une croissance supérieure à celle de H. longifilis. Après 57 jours d'élevage effectué dans les mêmes conditions, les longueurs moyennes obtenues sont de 105 $\pm$ 6 mm pour l'hybride, et de 87 $\pm$ 6 mm pour H. longifilis. Hecht et Lublinkhof (1985), qui ont fait la comparaison symétrique entre les croissances de C. gariepinus et de l'hybride C. gariepinus femelle x H. longifilis mâle, observent également, sur 98 jours, une croissance supérieure

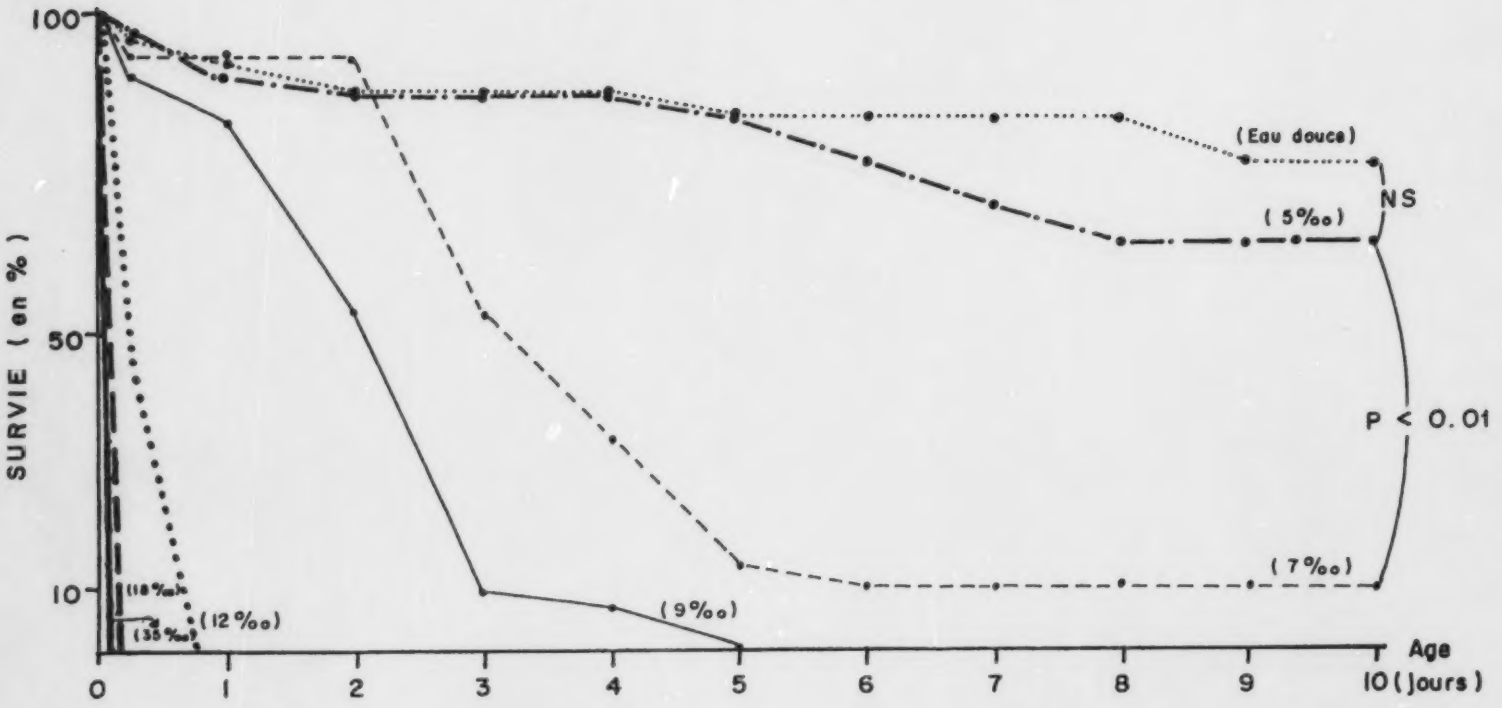


Fig. 8. Évolution de la survie chez les larves de H. longifilis élevées à partir de l'éclosion dans de l'eau de mer diluée à différentes salinités.

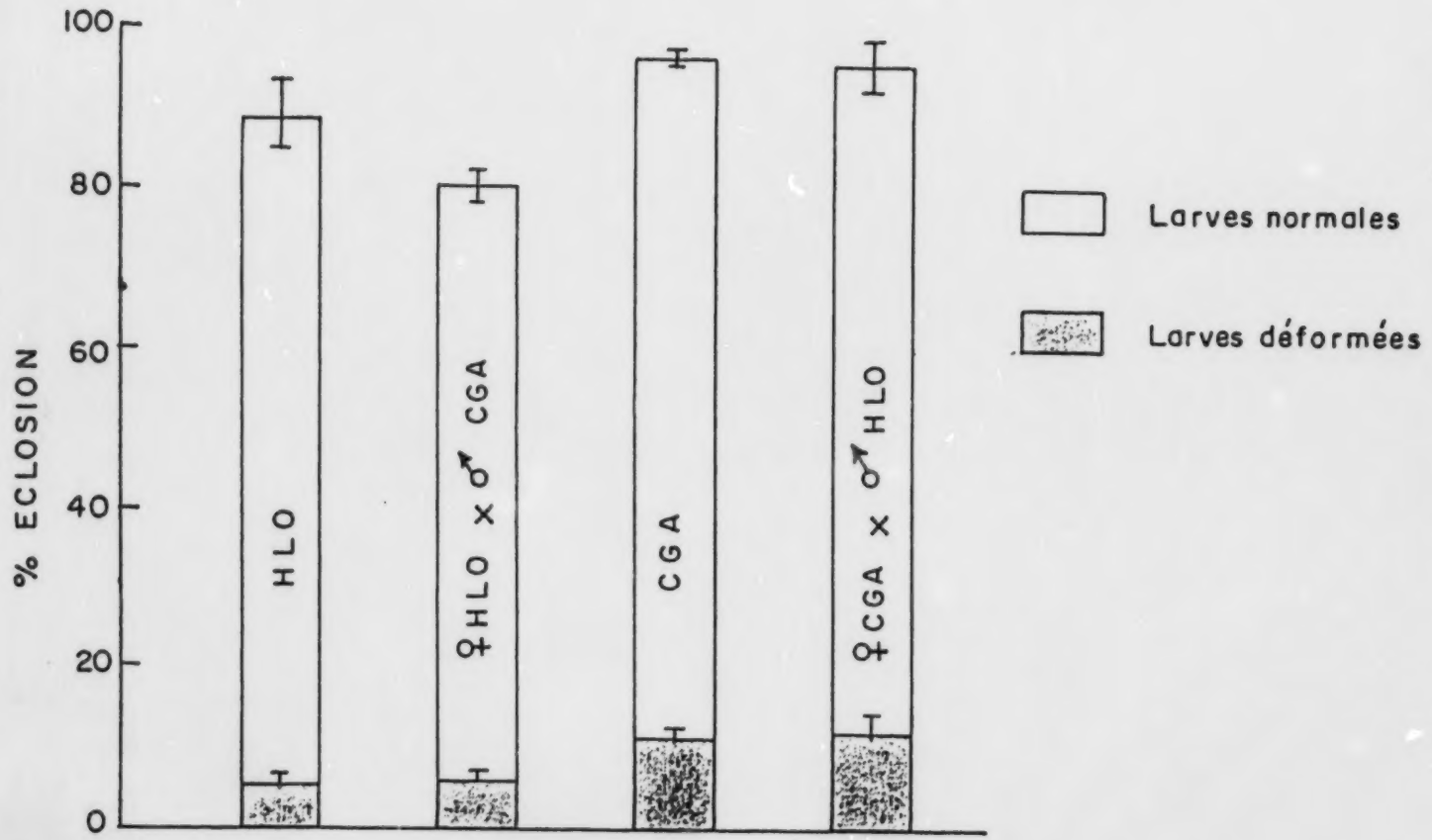


Fig. 9. Proportions moyennes de larves normales et déformées obtenues après croisements intra et interspécifiques chez Heterobranchus longifilus (HLO) et chez Clarias gariepinus (CGA).

Note : Les barres verticales représentent les écarts entre réplicats.

de l'hybride. Toutefois, avant de conclure à l'existence d'un phénomène d'hétérosis, il serait nécessaire de procéder à une comparaison simultanée et à long terme entre les croissances des hybrides et celles de leurs deux espèces parentales.

Les hybrides produits sur la Station de Layo sont actuellement en observation pour étudier le développement des gonades et statuer sur l'hypothèse de leur éventuelle stérilité.

Conclusion

Le potentiel aquacole de H. longifilis est à présent bien établi. Celui-ci repose sur une acceptation satisfaisante de ce poisson par les consommateurs et sur de nombreuses composantes biologiques favorables : croissance très rapide, y compris en monoculture intensive, grande robustesse, bonne transformation des aliments artificiels, reproduction continue, fécondité élevée, première maturation sexuelle tardive. L'espèce montre une bonne adaptabilité au milieu lagunaire et son élevage (prégrossissement-grossissement) peut d'ores et déjà être envisagé au moins dans les zones oligomesohalines de salinité comprise entre 0 et 10 g L^{-1}. Le contrôle de la reproduction est désormais acquis et constitue une étape importante vers la maîtrise du cycle biologique de ce poisson en captivité. Toutefois, malgré les résultats encourageants obtenus dans diverses situations, une technique d'alevinage simple et fiable, autorisant un approvisionnement massif en alevins, fait encore défaut et reste la condition nécessaire à l'amorce d'une production en vraie grandeur de H. longifilis. Dans le contexte lagunaire, la sensibilité des oeufs et des alevins à la salinité constitue une contrainte qui doit faire l'objet d'une analyse plus approfondie.

Références

Albaret, J.J., Legendre, M. 1983. Les espèces colonisatrices des étangs d'une station de pisciculture lagunaire en Côte d'Ivoire. Description et incidence sur l'élevage. Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan, 14(1), 57-67.

Bard, J., De Kimpe, P., Lessent, P. 1976. Nouveaux poissons et nouvelles méthodes d'élevage en Afrique. CIFA, Document technique n° 4, suppl. 1. Symp. Aquaculture in Africa, Accra, Ghana, 1975. p. 365-372.

Bonou, C. 1986. Etude de la productivité planctonique dans des étangs d'aquaculture en milieu tropical. Identification et élevage de proies vivantes. Rapport interne. Centre de recherches océanographiques, Abidjan, Côte d'Ivoire. 41 p.

Daget, J. 1954. Les poissons du Niger supérieur. Mém. I.F.A.N., n° 36, 391 p.

Daget, J., Iltis, A. 1965. Poissons de Côte d'ivoire (eaux douces et eaux saumâtres). Mém. I.F.A.N., n° 74. 385 p.

Hecht, T., Lublinkhof, W. 1985. Clarias gariepinus x Heterobranchus longifilis (Clariidae: Pisces): A new hybrid for aquaculture? South Afr. J. Sci., 81, 620-621.

Guiral, D. 1983. Physicochimie et biogéochimie des eaux et des sédiments à la Station d'aquaculture de Layo (Lagune Ébrié, Côte d'Ivoire). Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan, 14(1), 1-29.

Hogendoorn, H. 1980. Controlled propagation of the African catfish, Clarias Lazera. III. Feeding and growth of fry. Aquaculture, 21, 233-241.

Lazzaro, X. 1987. A review of planktivorous fishes: Their evolution, feeding, behaviours, selectivities, and impacts. Hydrobiologia, 146, 97-167.

Legendre, M. 1983. Examen préliminaire des potentialités d'un silure africain. Heterobranchus longifilis (Valencienne 1840) pour l'aquaculture en milieu lagunaire. Doc. Sc. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan, 14(2) 97-107.

——— 1986. Seasonal changes in sexual maturity and fecundity, and HCG-induced breeding of the catfish, Heterobranchus longifilis (Clariidae), reared in Ebrié (Ivory Coast). Aquaculture, 55, 201-213.

——— 1987. Enquête préliminaire sur la consommation du silure Heterobranchus longifilis en Côte d'Ivoire. Arch. Sc. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan. Sous presse.

Legendre, M., Pagano, M., Saint-Jean, L. 1987. Peuplement et biomasse zooplanctonique dans des étangs de pisciculture lagunaire (Layo, Côte d'Ivoire) : étude de la recolonisation après la mise en eau. Aquaculture, 67, 321-341.

——— 1988. Régime alimentaire des alevins de Heterobranchus longifilis (Clariidae) en milieu d'élevage. Premiers essais d'application dans une station de pisciculture lagunaire en Côte d'Ivoire. Sous presse.

Micha, J.C. 1973. Étude des populations piscicoles de l'Ubangui et tentatives de sélection et d'adaptation de quelques espèces à l'étang de pisciculture. Cenre technique forestier tropical, Paris, France. 110 p.

Seka, A. 1984. Possibilités d'élevage d'un poisson Clariidae des régions forestières de Côte d'Ivoire : Heterobranchus longifilis. Dipl. Étud. Appr., Toulouse. 33 p.

TILAPIA CULTURE

PISCICULTURE DU TILAPIA

CONTRIBUTION À UNE RÉFLEXION SUR DES STRATÉGIES DE RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT EN AQUACULTURE DU TILAPIA EN AFRIQUE SUBSAHARIENNE

J. Lazard
Division de pêche et de pisciculture, CTFT/CIRAD
45 bis, avenue de la Belle Gabrielle, 94736 Nogent-sur-Marne Cedex, France

Résumé *Les efforts de recherche et de recherche/développement en aquaculture en Afrique ont tendance à se disperser, pour différentes raisons dont la diversité des contextes écologiques et sociaux; la diversité des opérateurs; et la confusion entre les objectifs de production et les objectifs de recherche. Les tilapias jouent un rôle important dans l'aquaculture mondiale, contribuant quelque 500,000 t/an à la production aquacole globale. Malgré leurs avantages pour l'aquaculture, ces poissons présentent plusieurs problèmes aux aquaculteurs, et des recherches bien orientées sur des thèmes prioritaires sont nécessaires.*

Les résultats techniques et économiques de trois systèmes piscicoles basés sur le Tilapia nilotica sont résumés, à partir de projets de recherche/développement en Afrique: la culture en étangs dans le nord de la Côte d'Ivoire; la culture en cages dans le fleuve Niger; et la culture en enclos dans les lagunes du Bénin. La culture en étangs nécessite un investissement plus important que la culture en cages ou en enclos, mais la gestion des étangs est moins compliquée et le coût de production est moindre. La culture en cages et en enclos est très intéressante aux producteurs en raison du taux de rentabilité élevé; les populations de pêcheurs semblent particulièrement intéressés par ses systèmes.

Des orientations de recherche prioritaires sont formulées dans les domaines de la génétique, la physiologie et l'éthologie de la réproduction, la physiologie de la croissance, la nutrition et la pathologie.

Abstract *Research and research/development efforts in African aquaculture tend to be dispersed, for such reasons as the diversity of ecological and social milieux; diversity of groups interested in aquaculture; and mixing of production objectives with research objectives. Tilapias have become important to world aquaculture, contributing some 500,000 t/year to global aquaculture production. Despite their advantages for culture, tilapias continue to present significant problems to aquaculturists, and directed research on high-priority themes is required.*

Technical and economic results from three fish culture systems based on Tilapia nilotica are summarised, based on research/development projects in Africa: pond culture in northern Côte d'Ivoire; cage culture in the Niger River; and pen culture in lagoons in Benin. Pond culture requires larger investments than cages or pen culture, but pond management is simpler and production costs lower. Cage and pen culture are attractive to producers because of their high profitability; populations of fishermen seem particularly interested by these systems.

Priority research themes are established in the areas of genetics, physiology and ethology of reproduction, growth physiology, nutrition and pathology.

Problématique de recherche et développement

En matière d'aquaculture, les principaux projets et programmes de recherche faisant l'objet d'une coopération avec les pays du Nord ont, jusqu'à présent, porté sur le continent africain, essentiellement sur le tilapia, d'où est précisément originaire ce poisson.

De façon générale, cet investissement (humain et financier) se fait souvent en ordre dispersé, lié principalement à :

- la diversité des contextes où les opérations sont menées (niveau de développement du pays, environnement au sens large, opérateurs économiques, etc.);
- la diversité des opérateurs impliqués dans l'assistance technique et scientifique dont l'approche des problèmes de développement peut varier;
- la confusion entre les objectifs de production et la nécessité de mettre au point les paramètres biotechniques et de vérifier, selon les résultats obtenus en vraie grandeur, la viabilité économique de cette activité, voire d'effectuer dans certains domaines des recherches situés nettement en amont.

Compte tenu de la dispersion, parfois inévitable des investissements humains et financiers dans la recherche aquacole, il semble nécessaire de faire le point des contributions possibles en amont, dans le domaine de l'aquaculture du tilapia au niveau international, et d'étudier les possibilités de transfert et d'application des résultats obtenus en laboratoire. En effet, le problème se pose dans de nombreux cas d'expérimentations menées en laboratoire donnant des résultats fort éloignés de ceux obtenus dans des conditions (milieu, espèce, etc.) théoriquement identiques ou, en tout cas, très voisines en vraie grandeur sur le terrain.

Actuellement, les principaux organismes de recherche et de recherche/développement en aquaculture tropicale sont confrontés à un certain nombre de problèmes sur l'aquaculture du tilapia dans les domaines de la recherche, du développement, et de la formation (en particulier, de chercheurs et de développeurs des pays tropicaux).

La résolution de ces problèmes passe par une «confrontation» permanente entre l'expérience de la pratique de la recherche et du développement sur le terrain tropical, d'une part, et l'expérience de la pratique de la recherche scientifique plus fondamentale dans certaines disciplines biologiques liées à l'aquaculture, d'autre part. De cette confrontation et de cet échange d'idées doit sortir un certain nombre d'orientations sur ce que l'on pourrait qualifier de «champ du possible» en matière de recherches à mener sur l'aquaculture du tilapia (et, par extension, des autres espèces d'intérêt aquacole).

Enfin, les dispositifs de recherches qui pourront se mettre en place à l'issue de ces concertations permettront une résolution plus sereine par la recherche des nombreux problèmes qui se posent au niveau du développement. Cette approche vise à réduire, autant que possible, les interventions «catastrophes» sur les élevages mis en oeuvre dans le cadre des projets de recherche/développement et de développement dans les pays tropicaux.

Quelques données générales sur l'aquaculture mondiale, et du tilapia en particulier

Situation de l'aquaculture mondiale

Les données les plus récentes (FAO 1987) concernant les niveaux de production aquacole dans le monde sont présentées au Tableau 1, duquel en ressortent nettement les facteurs suivants :

- une contribution prépondérante des pays tropicaux dans la production totale mondiale aquacole (86 %) avec, parmi eux, un quasi monopole des pays asiatiques;
- une faiblesse du niveau de production des pays africains (la production aquacole de l'Afrique subsaharienne serait de 10 500 t) (Satia 1988);
- des tendances à l'horizon 2000 qui accentuent ces disparités entre les continents.

Aquaculture du tilapia

Les quantités totales de tilapia produites actuellement sont mal connues pour la simple raison que le distinguo entre les tilapias provenant de l'aquaculture et ceux résultant de l'activité de pêche est, dans la plupart des pays tropicaux, non fait - ou

Tableau 1. Production de l'aquaculture dans le monde : données 1983, projections 2000 (en milliers de t).

Région/espèces	Production 1983	Production 2000
1) Région		
Afrique	0,05	0,10
Asie/Pacifique	8,41	18,29
Europe/Proche Orient	1,22	2,65
Amérique du Sud	0,22	0,48
Amérique du Nord	0,31	0,68
2) Groupe d'espèces		
Poissons	4,45	9,67
Mollusques	3,25	7,06
Crustacés	0,12	0,27
Plantes aquatiques	2,39	5,20
Total - 1) ou 2)	10,21	22,20

Source : FAO (1987).

avec une grande imprécision. À cette incertitude s'ajoute le fait qu'il existe, notamment dans les PVD, des formes de pisciculture très extensives s'apparentant à la fois à l'aquaculture et à la pêche (p. ex., acadjas).

Cependant, les évaluations les plus récentes de production de tilapia provenant de l'aquaculture sont de 500 000 t.

Les principaux pays producteurs se situent actuellement en Asie : Taïwan, environ 60 000 à 80 000 t; Philippines, 60 000 t; Thaïlande, 10 000 à 20 000 t. Israël, dont la production totale n'est relativement pas très importante, voit la part de tilapia dans sa production croître régulièrement au cours des dernières années (au détriment des carpes, au sens large). Par ailleurs, le fait remarquable dans les principaux pays producteurs est le taux d'accroissement du tonnage de tilapia produit depuis une quinzaine d'années. À titre d'exemple, les Philippines, qui ont importé leurs premiers géniteurs de Tilapia nilotica en 1973, produisent aujourd'hui 60 000 t de cette espèce (le T. mossambica ayant presque totalement disparu des pisciculture commerciales).

Avantages du tilapia pour l'aquaculture, outil du développement

Les caractéristiques biologiques du tilapia rendent ce poisson apte à toutes les formes connues d'élevage, du plus extensif au plus intensif, avec tous les intermédiaires possibles. Il est donc possible d'intégrer la pisciculture des tilapias à différents schémas de développement :

- activités de pêche autour de retenues aménagées (alevinées en tilapia);
- intégration de la pisciculture de tilapia au sein d'aménagements hydro-agricoles ou associée à des élevages terrestres (porc-poisson, volaille-poisson, etc.);
- activité de substitution ou de complément à la pêche dans le cas d'effondrement des stocks piscicoles (pour des causes environnementales ou humaines liées, par exemple, à la surexploitation);
- fermes industrielles pour répondre à des besoins ponctuels et urgents de grandes agglomérations.

Approche des problèmes de recherche et développement de l'aquaculture du tilapia dans les pays tropicaux : cas de l'Afrique

Les principales préoccupations, à l'heure actuelle, pour le développement de la pisciculture sur le continent africain semblent être la mise au point de systèmes d'élevage adaptés à un environnement donné et considéré dans toutes ses dimensions. L'approche se fait donc, d'une façon générale, à la fois par système et par discipline biologique et, dans cette démarche, le tilapia a, jusqu'à présent joué un rôle essentiel.

Cette activité se déroule généralement dans deux cadres différents dont l'importance relative varie selon les pays :

- les stations de recherches piscicoles, qui constituent les structures perennes de recherches;
- des projets de recherche/développement et de développement qui, généralement, se caractérisent par une durée limitée et des objectifs de production.

En fait, il apparaît clairement que, dans de nombreux pays tropicaux (et singulièrement en Afrique), la frontière entre la recherche et le développement n'est pas toujours délimitée avec précision, et la recherche, qui devrait être logiquement et préférentiellement menée sur des stations de recherche, est souvent réalisée au sein de projets de développement et dans le cadre de recherches dites d'accompagnement. La plupart des pays en développement demandent, en effet, des solutions concrètes et immédiates aux problèmes qui se posent à eux, en particulier, en matière d'aquaculture, engendrant fréquemment une certaine ambiguité de la démarche.

Quoi qu'il en soit, le développement joue, dans cette approche, un rôle fondamental car c'est lui qui guide la recherche. Dans ce domaine, la philosophie est d'essayer d'éviter d'avoir une doctrine et des modèles tous prêts. Elle peut se résumer comme suit :

- système d'élevage adapté à l'environnement dans toutes ses composantes (physiques, hydrobiologiques, humaines, socio-économiques, etc.);

- aquaculture considérée à la fois comme un outil de production et un outil de développement où comptent, à parts égales, le poisson et ceux qui le produisent.

Ces idées sont illustrées par trois exemples d'opération de recherche/développement de la pisciculture en Afrique, correspondant à trois environnements fondamentalement différents mais qui présentent au moins deux points communs entre eux :

- les structures d'élevage testées permettent une exploitation de type artisanal et sont évolutives, car elles peuvent, une fois la maîtrise des techniques acquise, prendre la dimension de véritables entreprises;

- le poisson d'élevage est le tilapia.

Par ailleurs, dans les trois cas, la pisciculture constitue le seul moyen d'augmenter à terme, une fois les ressources naturelles exploitées à leur niveau optimum, la production piscicole qui est actuellement soit stationnaire (R.C.I.), soit en diminution (Bénin, Niger).

Exemples d'opérations de recherche/développement de la pisciculture en Afrique

Les trois cas succinctement présentés ici permettent de montrer le type de problématique scientifique que peut engendrer la «pratique du développement». Ce sont trois projets dans lesquels le CTFT a oeuvré depuis une dizaine d'années, en Côte d'Ivoire, au Bénin et au Niger.

Pisciculture en étang intégrée à un aménagement hydro-agricole (région nord de la Côte d'Ivoire)

Environnement

- Pisciculture en étangs intégrée aux aménagements hydro-agricoles dans une région où il a été construit, dans les années 70, de nombreuses retenues collinaires pour l'irrigation gravitaire du riz.

- Présence dans la région de villes secondaires (Korhogo, Ferkessedougou, Boudiali) où existe une forte demande en poisson et, particulièrement, d'eau douce. Leur approvisionnement est actuellement essentiellement assuré en poissons de mer congelés (importés); la Côte d'Ivoire important, en 1987, environ la moitié des produits halieutiques nécessaires à sa consommation (100 000 sur 200 000 t).

- Adaptation rapide des agriculteurs du nord de la Côte d'Ivoire aux techniques de riziculture irriguée.

- Disponibilité en sous-produits agricoles et agro-industriels sur place (son de riz) ou dans le pays (tourteau de coton, farine de poisson, etc.).

Investissements/structure d'élevage

Il s'agit d'étangs classiques, alimentés en eau par gravité à partir d'un canal de dérivation sur un cours d'eau régularisé par une retenue de stockage.

Les investissements en matière de pisciculture semi-intensive en étang consistent essentiellement en terrassements et, en proportion beaucoup plus faible, en ouvrages. Ces terrassements peuvent être réalisés mécaniquement ou manuellement : le coût dans les deux cas est approximativement le même si la main-d'oeuvre est rémunérée à un taux normal. La construction manuelle des étangs par les paysans eux-mêmes, si elle est théoriquement satisfaisante, apparaît dans de nombreux cas peu réaliste : le travail correspondant, très pénible, aboutit à des étangs mal construits (profondeur insuffisante, digues peu solides) et nécessite un encadrement dispersé, important et de qualité. Une solution adaptée consiste à faire effectuer les gros terrassements au moyen d'engins, et les autres travaux (talutage, enherbement, canaux, ouvrages) manuellement par les pisciculteurs (dans ce cas, les coûts se répartissent en 2/3-1/3). En tout état de cause, la problématique de la construction manuelle/construction mécanique devra être résolue pour chaque environnement.

Lorsque les étangs sont construits, donc conçus, en même temps que les infrastructures de l'aménagement hydro-agricole, auxquelles ils s'intègrent, ils en ressortent à un «coût marginal». Les coûts totaux d'infrastructure retenus ici sont de 6 000 000 F CFA/ha, incluant les terrassements et les finitions, les ouvrages, et les canaux d'alimentation en eau et de vidange pour des étangs de 10 ares (production de poisson marchand) et de 4 ares (production d'alevins ou de fingerlings).

Technique d'élevage (Lazard 1980, 1984)

Contrainte Nécessité d'économiser l'eau stockée dans la retenue amont qui sert également pour la riziculture, dont le débit admis dans les étangs correspond exactement aux pertes par évaporation et infiltration (pas de circulation d'eau).

Technique d'élevage Mise en charge des étangs (10 ares) avec des fingerlings de Tilapia nilotica, souche Bouaké (30 g), non sexés ou mâles (sexage manuel), produits sur une station d'alevinage ou par l'aquaculteur lui-même.

Dans ces deux cas, le prédateur, Hemichromis fasciatus, est associé à tilapia à un taux correspondant à 13 % de la biomasse de tilapia non sexés, et à 5-6 % de la biomasse de tilapia sexés

manuellement (environ 5 % d'erreur, c.-à-d. de femelles).

- Pas de contrainte quant à la période d'alevinage, les caractéristiques physico-chimiques de l'eau autorisant cette opération tout au long de l'année.

- Les densités de mise en charge varient de 1,2 à 2,2 poissons/m^3.

Aliment Deux types d'aliments ont été testés en vraie grandeur : son de riz pur (aliment 1), et 75 % de riz + 25 % de tourteau de coton (aliment 2). Le taux de nourrissage appliqué est le suivant : pour le son de riz, 100 kg/ha par jour, tout au long de l'élevage; pour le second aliment, de 8 % de la biomasse en début d'élevage à 1,5 % en fin d'élevage.

Résultats techniques Les résultats de production de T. nilotica de taille marchande en étang (Côte d'Ivoire) sont résumés au Tableau 2.

Résultats économiques

On trouvera au Tableau 3 le compte d'exploitation d'un étang de 10 ares en Côte d'Ivoire.

Pisciculture en cage flottante dans un cours d'eau sahélien (fleuve Niger au Niger)

Environnement

Le Niger est un pays sahélien où la seule source d'eau permanente est constituée par le fleuve Niger, caractérisé par de fortes variations annuelles et interannuelles de débit. Le marnage au cours de l'année est de 4 m et, sauf exception, le fleuve coule en permanence; dans ces conditions, la structure d'élevage la mieux adaptée est la cage flottante. La production d'alevins et de fingerlings est, quant à elle, réalisée en étangs alimentés en eau de pompage à partir du fleuve (alimentation gravitaire impossible).

Avec la sécheresse des dernières années (depuis 1972) et l'endiguement du fleuve pour la création des aménagements hydro-agricoles, la production de la pêche dans le fleuve Niger est tombée de 6 000 à 2 000 t en 1984, et à 900 t en 1985.

La longueur du fleuve Niger est de 550 km, et il constitue la principale zone de pêche et de consommation de poissons du pays dont, en particulier, la capitale, Niamey, située approximativement au milieu du tronçon du fleuve.

Les pêcheurs appartiennent à deux catégories : les pêcheurs professionnels (en général, étrangers), et les pêcheurs occasionnels (riverains qui pratiquent l'agriculture et la pêche).

On note la présence de sous-produits agricoles et agro-industriels en provenance du Niger (son de riz et de blé, tourteau

Tableau 2. Résultats de production de Tilapia nilotica de taille marchande en étang (Côte d'Ivoire).

	Aliment 1 (mâles et femelles)	Aliment 2 (mâle)[a]
Densité d'élevage (individus/m³)	1,2	2,2
Durée d'élevage (jours)	145	240
Poids moyen individuel initial (g)	30	31
Poids moyen individuel final (g)	215	270
Taux de survie (%)	92	90
Croissance journalière individuelle (g/jour)	1,3	1,0
Quotient nutritif (QN)	7,5	3,5
Rendement (t/ha par année)	5,2	7,1

[a] Résultats techniques retenus pour l'analyse économique.

Tableau 3. Compte d'exploitation d'un étang de 10 ares (Côte d'Ivoire).

	Par étang de 10 ares (F CFA)	Par kg de poisson (F CFA)	Répartition des charges (%)
Charges			
Charges fixes			
Amortissement, étang (20 ans)	30 000	37,0	15
Amortissement, petit matériel (3 ans)	20,000	25,0	10
Entretien	-	-	-
Total	50 000	62,0	25
Charges variables			
Alevinage ($2\,200 \times 2 \times \frac{365}{240} \times 10$ F)	67 000	82,5	33
Aliments (3,5 x 710 x 26 F)	65 000	80,0	32
Transport (alevins, aliments, poisson marchand)	20 000	24,5	10
Total	152 000	187,0	75
Total des charges	202 000	249,0	100
Recettes (810 kg x 400 F)	324 000	400,0	
Marge bénéficiaire	122 000	151,0	

Taux de rentabilité de l'investissement : 18,5 %
Valorisation de la journée de travail : 3 000 F

d'arachide), ou de la sous-région (farine de poisson du Sénégal ou de la Côte d'Ivoire).

Investissements/structures d'élevage

Chaque cage se compose d'une structure flottante supportant une poche grillagée et immergée contenant les poissons. La technologie employée est simple et utilise, au maximum, des matériaux disponibles localement :

° La structure flottante se compose d'un ponton en bois et de bidons de récupération en plastique de 30 L, qui assurent la flottabilité du système et permet d'effectuer les manipulations tout autour de la cage.

° La poche immergée est faite de grillage plastique Nortène (importé) de 2 types de maille, selon la taille des poissons : 7 mm pour les alevins de poids moyen supérieur à 4 g, et 14 mm pour des fingerlings de poids moyen supérieur à 20 g. La structure relativement légère des cages permet d'en effectuer le relevage aisément pour les manipulations et la récolte du poisson.

Deux types de cages sont utilisées (1,5 m de chute) :

° cages de 5 m^3 (3,5 m^3 «utiles» en eau) pour le prégrossissement d'alevins de 4 g jusqu'au stade fingerling (30 g);

° cages de 20 m^3 (16 m^3 «utiles» en eau) pour le grossissement de fingerlings jusqu'à la taille marchande (environ 250 g).

Les cages peuvent être reliées entre elles de façon à former un système modulable dont l'unité de base est constituée par un ponton flottant, supportant 2 cages de 20 m^3 ou 8 cages de 5 m^3.

Le coût des cages de 5 m^3 est de 62 000 F CFA, et celui des cages de 20 m^3 est de 196 000 F CFA.

Technique d'élevage (Parrel et al. 1986)

Contrainte Nécessité de s'adapter aux variations du milieu du fleuve Niger, à savoir crue/étiage et saison froide/saison chaude (15-24 °C/24-32 °C), et aux périodes de transition correspondantes (température, turbidité).

Technique d'élevage Mise en charge des cages (16 m^3 utiles) avec des fingerlings de Tilapia nilotica, souche fleuve Niger (30 g) mâles (sexage manuel), produits sur une station d'alevinage.

La mise en charge doit être effectuée impérativement au cours de la saison chaude, lorsque la température est stabilisée et supérieure à 24 °C, c'est-à-dire entre les mois d'avril et de septembre.

Les densités de mise en charge varient de 85 à 135 poissons/

m^3, avec une moyenne de 100 poissons/m^3.

Aliment Composition : 45 % de tourteau d'arachide + 50 % de son de riz ou blé + 5 % de farine de poisson (31,5 % de protéines dont 10 % d'origine animale), sous forme de granulé 4 mm.

Des essais réalisés avec 10 % de farine de poisson et incorporation de C.M.V. (2,5 %) ne donnent pas de résultats significativement différents et ne justifient pas leur utilisation (sauf peut-être en saison froide pour l'augmentation du taux d'incorporation de farine de poisson).

Le taux de nourrissage est modulé :

° en fonction de la taille du poisson :

	p.m. < 150 g	: 3,0 % de la biomasse
150 g <	p.m. < 200 g	: 2,5 % de la biomasse
	p.m. < 200 g	: 2,0 % de la biomasse

° en fonction de la température ambiante :

	t > 24 °C	: 100 % ration alimentaire normale
24 °C >	t > 22 °C	: 70 % ration alimentaire normale
22 °C >	t > 20 °C	: 50 % ration alimentaire normale
20 °C >	t > 18 °C	: 25 % ration alimentaire normale
18 °C >	t > 16 °C	: 15 % ration alimentaire normale

° en fonction de l'hydrologie du fleuve : ration ajustée selon le comportement des poissons face à la crue (eau turbide, composition physico-chimique modifiée).

Résultats techniques Les résultats de production de T. nilotica de taille marchande en cages flottantes (Niger) sont résumés au Tableau 4.

Résultats économiques

On trouvera au Tableau 5 le compte d'exploitation d'une cage flottante de 20 m^3 au Niger.

Pisciculture en enclos en milieu lagunaire (Lagunes du Bénin)

L'exemple présenté ici est celui d'une opération d'élevage de tilapia en enclos dans les lagunes du Bénin du sud-est (lac Nokoué et lagune de Porto Novo).

Environnement

Les principales collections d'eau continentales du Bénin du sud sont les lagunes, qui représentent une superficie totale de 320 km^2 avec, en particulier, le lac Nokoué et la lagune de Porto Novo où se développent les élevages piscicoles. Ces lagunes ont une profondeur uniforme d'environ 1 m. Le marnage entre hautes et

Tableau 4. Résultats de production de Tilapia nilotica de taille marchande en cage flottante (Niger).

	Élevage en SC + SF (2/3 + 1/3)		Élevage en SC[a]		Élevage en SF[a]
Densité d'élevage (individus/m³)	85	135[b]	85	135	85
Durée d'élevage (jours)	204	225	142	154	117
Poids moyen individuel initial (g)	35,5	35,7	55,2	52,6	31,0
Poids moyen individuel final (g)	218,5	217,9	229.9	249,4	67,4
Taux de survie (%)	95,4	90,7	89,6	92,0	90,2
Croissance journalière individuelle (g/jour)	0,9	0,81	1,23	1,28	0,31
Quotient nutritif (QN)	2,7	3,0	2,4	2,8	2,04
Rendement (kg/m³ par cycle)	14,3	21,8	14,8	23,9	-

[a] SC, saison chaude; SF, saison froide.
[b] Résultats techniques retenus pour l'analyse économique.

Tableau 5. Compte d'exploitation d'une cage flottante de 20 m³ (Niger).

	Par cage de 20 m³ (F CFA)	Par kg de poisson (F CFA)	Répartition des charges (%)
Charges			
Charges fixes			
Amortissement, cage (7 ans)	28 000	64,0	10,5
Amortissement, petit matériel	1 500	3,5	0,5
Entretien de la cage	5 000	11,5	2,0
Total	34 500	79,0	13,0
Charges variables			
Alevinage (2 200 x 45 F)	99 000	227,5	36,0
Aliments (363 x 3 x 100 F)	109 000	250,5	40,0
Transport (alevins, aliments, poisson marchand)	30 000	69,0	11,0
Total	238 000	547,0	87,0
Total des charges	272 500	626,0	100,0
Recettes (435 kg x 850 F)	369 750	850,0	
Marge bénéficiaire	97 250	224,0	

Taux de rentabilité de l'investissement : 48,5 %
Valorisation de la journée de travail : 4 900 F

basses eaux est faible (environ 0,50 m) et la circulation de l'eau est bonne. La structure d'élevage adaptée est l'enclos.

Des changements écologiques du milieu, liés à l'ouverture permanente du chenal de Cotonou, ont entraîné des perturbations au niveau de la faune vivant dans ces lagunes et une chute de la production de la pêche qui est passée, en quelques années, de 12 000 à 6 000-8 000 t.

Ces lagunes se situent à proximité des deux principaux centres urbains, donc de consommation de poissons, du Bénin : Cotonou et Porto Novo, et du Nigéria, grand importateur de produits vivriers.

Ces lagunes sont habitées par des populations palustres (maisons sur pilotis) avec des pêcheurs professionnels très performants, pratiquant une forme de pêche qui s'apparente à l'aquaculture (acadjas) par le fait qu'elle nécessite des investissements (branchages), une gestion du stock de poissons par des pêches périodiques et programmées, et une gestion financière des recettes pour le renouvellement des investissements et la répartition des bénéfices.

On note la présence de sous-produits agricoles et agro-industriels à Cotonou : son de blé et de riz, drèches de brasseries, tourteau d'arachide et de coton, farine de poisson.

Investissements/structures d'élevage

Les différents essais d'élevage en enclos ont permis la mise au point d'une technologie des structures d'élevage simple et bien adaptée :

- superficie individuelle de 500 m² (14 x 36 m) et enclos séparés les uns des autres (3 m environ) permettant un accès facile sur tout leur pourtour;
- usage de filets lourds (210/48, mailles de 14 mm, montage à 71 %, 160 mailles de chute);
- piquets de soutien en bambou, espacés de 2 m; ralingue supérieure fixée, 0,80 m au-dessus du niveau d'étiage du lac, à des rachis de palmier fixés horizontalement aux piquets de bambou; ralingue inférieure enterrée à 0,50 m de profondeur dans un sillon creusé dans la vase au moyen d'une motopompe;
- couverture de l'enclos par un filet léger et implantation de branchages (identiques à ceux des acadjas) dans les enclos pour favoriser le développement de plancton et de périphyton et réduire les vols (lancement de l'épervier impossible).

Le coût d'un enclos de 500 m² est de 350 000 F CFA.

Technique d'élevage (Morissens et al. 1986)

Contrainte Nécessité de s'adapter aux variations du milieu du lac Nokoué et de la lagune de Porto Novo, à savoir essentiellement la salinité (qui varie de 0 à 18-24 °/oo, selon les sites et les années) et la crue/étiage du cours d'eau qui s'y jette (Ouémé).

Technique d'élevage (Morissens 1985, 1986; Morissens et al. 1986) Mise en charge des enclos avec des fingerlings de Tilapia nilotica, souche Bouaké (15 g), non sexés, produits en stations d'alevinage (étangs sur nappe phréatique). D'autres espèces ont été testées : T. mossambica a une vitesse de croissance faible, T. hornorum a une mauvaise survie, et l'hybride T. mossambica F x T. nilotica M donne des résultats encourageants en cours de testage.

La mise en charge doit être effectuée lorsque la salinité est inférieure à 10 °/oo, c'est-à-dire entre août et janvier.

Les densités de mise en charge varient de 15 à 25 poissons/m^3.

Aliment Composition : aliment 1, 30 % de tourteau d'arachide ou de coton + 23 % de son de blé + 20 % de drèche de brasserie + 15 % de farine de poisson + 10 % de fiente de poulet + 2 % de coquilles d'huîtres + 0,25 % de C.M.V. (35 % de protéines dont 25 % d'origine animale). Aliment 2, 20 % de tourteau d'arachide + 45 % de drèche de brasserie + 25 % de son de blé + 10 % de farine de poisson (36 % de protéines dont 20 % d'origine animale).

Résultats techniques Les résultats de production de T. nilotica de taille marchande en enclos (Bénin) sont résumés au Tableau 6.

Les densités les plus élevées fournissent les meilleurs rendements mais posent, dans certains cas, des problèmes pathologiques (bactérioses) et ont, de ce fait, été abandonnées au profit des plus faibles (15/m^2) dans les zones à salinité élevée.

L'utilisation d'un aliment pulvérulent entraîne une augmentation du QN mais peut se justifier par sa simplicité d'utilisation (lorsqu'il n'y a pas de granulatrice, par exemple) et la différence de QN est compensée par le coût de la granulation.

Ce type d'élevage ne permet la réalisation que d'un cycle par an du fait des contraintes liées à la période de mise en charge (salinité).

Résultats économiques

On trouvera au Tableau 7 le compte d'exploitation d'un enclos de 500 m^2 au Bénin.

Tableau 6. Résultats de production de Tilapia nilotica de taille marchande en enclos (Bénin).

	Aliment 1			Aliment 2
	Granulé*	Granulé	Poudre	Granulé
Densité d'élevage (individus/m²)	25	15	25	25
Durée d'élevage (jours)	226	225	225	282
Poids moyen individuel initial (g)	12,8	16,0	17,8	18
Poids moyen individuel final (g)	229,6	200,5	168,0	200
Taux de survie (%)	68,4	76,6	77,4	68
Croissance journalière individuelle (g/jour)	0,91	0,82	0,67	0,64
Quotient nutritif (QN)	4,0	4,1	4,6	2,9
Rendement (kg/m² par cycle)	3,62	2,15	2,87	3,1

* Résultats techniques retenus pour l'analyse économique.

Tableau 7. Compte d'exploitation d'un enclos de 500 m² (Bénin).

	Par enclos 500 m (F CFA)	Par kg de poisson (F CFA)	Répartition des charges (%)
Charges			
Charges fixes			
Amortissement, enclos (4 ans)	87 000	44	8
Amortissement, petit matériel	30 000	15	3
Entretien de l'enclos	20 000	10	2
Total	137 500	69	13
Charges variables			
Alevinage (12 800 x 15 F)	192 000	96	18
Aliments (1 900 x 4 x 90 F)	684 000	342	64
Transport (alevins, aliments, poisson marchand)	50 000	25	5
Total	926 000	463	87
Total des charges	1 063 500	532	100
Recettes (2 000 x 650 F)	1 300 000	650	
Marge bénéficiaire	236 500	118	

Taux de rentabilité de l'investissement : 53,5 %
Valorisation de la journée de travail : 4 300 F

Conclusions et perspectives en matière de développement de l'aquaculture en Afrique

Sur le plan de l'espèce d'élevage, Tilapia nilotica apparaît comme étant parfaitement adapté aux élevages en eau douce, mais des travaux restent à faire concernant la recherche d'une espèce (ou souche, hybride, etc.) résistante au milieu saumâtre lorsque la salinité excède 15 °/oo.

Sur le plan de l'investissement (infrastructures d'élevage), l'étang est la structure qui présente le moins de souplesse pour différentes raisons : nombre de sites favorables limité en zone subtropicale (dont le principal facteur limitant est l'eau); infrastructures relativement lourdes de mise en oeuvre et coûteuses si elles sont comptabilisées en totalité; amortissement sur une longue durée qui pose le problème du financement de l'investissement et donc du crédit, aucun frais financier n'ayant été pris en compte dans les calculs économiques. L'étang est la structure d'élevage qui fournit le taux de rentabilité de l'investissement le plus faible (18 % contre 48 et 53 % pour les cages et enclos), et où la proportion de charges fixes est la plus élevée. Cependant, l'étang convient très bien à de nombreuses situations dans lesquelles il peut s'intégrer : aménagements hydro-agricoles, élevages associés (dans ce cas, les coûts d'alimentation sont nuls) et, bien sûr, partout où l'eau est disponible en quantité (avec une topographie acceptable).

Par ailleurs, les étangs sont des structures mieux adaptées pour la production d'alevins et de fingerlings que des bassins en béton par exemple (possibilité d'y stimuler l'alimentation naturelle des poissons).

Sur le plan de la gestion de l'élevage, l'étang est la structure qui offre le plus de sécurité, de souplesse et de simplicité dans la mise en oeuvre des techniques d'élevage du fait, entre autres, qu'une partie de l'alimentation des poissons (plancton, benthos) est produite in situ par stimulation de la chaîne alimentaire (fertilisation volontaire ou recyclage des aliments non consommés et fécès des poissons). Les élevages en enclos et en cages sont plus rigides quant aux techniques mises en oeuvre, plus délicats à mener, plus rigoureux à gérer (aliments, principalement) et plus risqués : risque d'ordre pathologique, vols plus faciles, dérive du QN (perte d'aliment hors de l'enceinte d'élevage, etc.).

Sur le plan logistique, outre l'encadrement qui, pour une activité nouvelle comme la pisciculture sur le continent africain, est indispensable quelle que soit la technique développée, les cages et les enclos sont entièrement dépendants des structures d'appui extérieures pour l'approvisionnement en alevins/fingerlings et en aliments composés granulés (problème de la disponibilité en sous-produits agricoles, en quantité et en qualité). Les étangs, quant à eux, peuvent s'accommoder d'un aliment simple distribué en vrac et peuvent produire des alevins et des fingerlings. Les

calculs économiques montrent la prépondérance des coûts liés à l'alimentation dans les enclos et dans les cages et, dans une moindre mesure, dans les étangs.

Sur le plan du développement, l'expérience des différents projets fait apparaître clairement une attirance spontanée des aquaculteurs potentiels plus marquée pour les structures d'élevage de type enclos/cage que pour les étangs. Outre la notion de rentabilité de l'investissement et de valorisation du temps de travail, s'ajoute le fait que les enclos et les cages concernent généralement des populations de pêcheurs (Bénin, Niger) traditionnellement plus dynamiques que les populations strictement paysannes qui nécessitent un travail de sensibilisation et de suivi plus important. Il apparaît également et ce, dans tous les systèmes d'élevage, que le rendement (donc la technicité de l'aquaculteur) doit être supérieur à un minimum, à fixer dans chaque situation, pour garantir la rentabilité de l'activité; cette notion est particulièrement importante pour les étangs où un faible rendement, même s'il ne conduit pas à une perte financière, risque de décourager, à terme, l'aquaculteur.

Sur le plan économique, l'étang fournit (hors les frais financiers et toutes choses égales par ailleurs) le poisson au plus faible prix de revient et, à ce titre, convient parfaitement aux populations rurales, moins riches que les populations urbaines auxquelles s'adressent, jusqu'à présent, les produits des élevages hors-sol.

Sur le plan de la stratégie pour l'avenir, il apparaît que :

- à chaque environnement, au sens large, doit correspondre une (ou des) technique d'élevage adaptée;
- il convient d'être vigilant sur les conditions de transfert d'une technique d'une région à une autre;
- l'aquaculture doit être une spéculation et, à ce titre, présenter une rentabilité dont le niveau minimum est à fixer dans chaque situation;
- dans un premier temps, il n'est pas systématiquement nécessaire que l'aquaculture constitue la seule activité (donc la seule source de revenu) pour celui qui la pratique à la dimension artisanale étudiée ici. La place de l'aquaculture dans l'emploi du temps de l'opérateur (paysan, pêcheur, etc.) devra être bien adaptée à chaque population-cible.

Formulations de thèmes de recherche

Les résultats de la recherche menée jusqu'à présent sur les tilapias ainsi que l'expérience de nombreuses opérations de recherche/développement de l'aquaculture du tilapia dans les pays

tropicaux (dont ceux exposés ci-dessus n'en sont que des exemples tout à fait ponctuels, récents, ou en cours de réalisation) amènent à formuler un certain nombre d'interrogations qui sont autant de freins au développement de l'aquaculture du tilapia dans les PVD et des thèmes de recherche pour l'avenir.

On se limitera ici aux disciplines biologiques sans viser, bien entendu, l'exhaustivité.

Génétique

Caractérisation

Un premier problème à résoudre semble être la caractérisation des souches de tilapia utilisées en pisciculture. Depuis une vingtaine d'années, on a démontré une grande diversité de réponses des différentes populations d'une même espèce vis-à-vis d'un certain nombre de caractéristiques biologiques fondamentales en aquaculture : prolificité, vitesse de croissance, QN, aptitude à l'hybridation, etc. En d'autres termes, l'animal sur lequel le pisciculteur travaille a-t-il des caractéristiques génétiques telles que leur variabilité risque de mettre en cause ou d'altérer la fiabilité des systèmes d'élevage mis au point ?

Une illustration de cette interrogation est fournie par la disparité des performances d'élevage enregistrées dans deux structures d'élevage identiques placées rigoureusement dans les mêmes conditions, à partir d'un stock homogène de fingerlings prélevés dans le même étang de prégrossissement divisé en deux.

Gestion des géniteurs

Les questions qui se posent à ce niveau sont les suivantes :

- Sur quelles bases doit-on effectuer le renouvellement du stock de géniteurs ?

- Quels sont les risques de dégénérescence (et les critères d'évaluation de cette dégénérescence) des descendances issues des géniteurs, en particulier, si celles-ci sont destinées à des systèmes d'élevage différents ?

Amélioration

Quelles sont les voies «réalistes» pour améliorer les espèces de tilapia utilisées en pisciculture ? L'amélioration devrait, semble-t-il, viser :

- le contrôle du sexe (élevages monosexes, poissons stériles, etc.);

- une meilleure résistance aux maladies;

- des capacités d'adaptation à certains milieux marginaux (salinité, température, turbidité, etc.);

- des performances de croissance améliorées à la fois pour des systèmes d'élevage performants (alimentation équilibrée, conditions de milieu optimales, etc.) et des systèmes plus marginaux et rustiques.

Physiologie et éthologie de la reproduction

Dans ce domaine, les voies à explorer semblent être les suivantes :

- étude des comportements reproducteurs (nidification, incubation buccale, agressivité, etc.), afin de pouvoir considérer leur modification;
- étude de la variation des comportements reproducteurs selon les différentes structures d'élevage;
- étude du déterminisme de la puberté;
- étude des facteurs agissant sur le déterminisme du sexe : physiologiques, génétiques, environnementaux (température, salinité, mortalités différentielles, etc.);
- étude de la variabilité de la prolificité selon certains croisements inter ou intraspécifiques.

Physiologie de la croissance

Dans ce domaine, les mécanismes intimes restent encore mal connus. Parmi les questions non ou mal résolues, et d'importance capitale pour l'aquaculture, figure la compréhension des mécanismes induisant les différences de croissance entre mâles et femelles (selon les genres et les espèces) et l'âge à partir duquel elles se manifestent.

Physiologie de l'adaptation

La compréhension des mécanismes de l'adaptation des tilapias à différents milieux et surtout aux variations des caractéristiques du milieu permettrait de progresser dans la maîtrise des techniques d'élevage en structures placées en milieu ouvert et subissant des variations de température, de salinité, de turbidité, ou autre.

Nutrition

Les applications aquacoles des recherches menées dans ce domaine sont, bien entendu, considérables. Parmi les thèmes de recherche à envisager, on peut citer les suivants :

- Étude de la valeur alimentaire des différents sous-produits agricoles et agro-industriels disponibles localement, impliquant une étude aussi exhaustive que possible de leur digestibilité, par les différentes espèces de tilapia d'élevage.

- Rôle des vitamines et évaluation de la nécessité de les incorporer dans les aliments pour tilapia (compte tenu notamment de leur durée de vie limitée sous les tropiques et de la nécessité de les importer).

- Étude du rôle de la présentation de l'aliment sur les performances (poudre, granulé, pâte, etc.) et dimension des particules alimentaires.

- Rationnement des poissons : en particulier, au niveau de la précision des rations alimentaires pour lesquelles des normes générales sont utilisées; et la précision des besoins de croissance et d'entretien en fonction des paramètres du poisson lui-même et des facteurs de l'environnement.

- Simulations en vue de l'optimisation des facteurs coût/performances de l'aliment.

- Un problème essentiel qui se pose en zone tropicale concerne la conservation des sous-produits agricoles destinés à la fabrication d'aliments pour poissons et la détermination des seuils de toxicité (aflatoxine, rancissement des matières grasses, etc.).

L'approche du travail concernant la nutrition sera différente selon qu'il s'agit d'élevages hors sol (cages, enclos, raceways) ou d'élevages en étangs. Dans ce dernier cas, les problématiques concernent les réseaux trophiques, l'effet secondaire des aliments non consommés directement par les poissons d'élevage et le rôle des fécès, l'importance de l'interface vase/eau, et le rôle fertilisant de différents composts.

Pathologie

Les problèmes dans ce domaine se posent surtout en élevage intensif et, à l'heure actuelle, essentiellement en milieu lagunaire et en milieu ouvert, qui correspondent, par ailleurs, aux systèmes d'élevage qui rencontrent le plus de succès auprès des opérateurs privés.

La solution préventive par une bonne gestion écosanitaire des élevages est, bien entendu, privilégiée. Il n'en reste pas moins que le problème crucial du diagnostic, en cas d'apparition de maladies, demeure le suivant : À quoi imputer les dégâts observés ? À l'environnement ? À la gestion de l'élevage ?

Références

Lazard, J. 1980. Le développement de la pisciculture intensive en Côte d'Ivoire. Exemple de la ferme piscicole pilote de Natio-Kobadara (Korhogo). Notes et documents sur la pêche et la pisciculture, 21, 1-44. Bois et forêts des tropiques, 190, 45-66.

——— 1984. L'élevage du tilapia en Afrique. Données techniques sur sa pisciculture en étangs. Bois et forêts des tropiques, 206, 33-50.

——— 1986. La pisciculture, outil de développement. Exemple de la Côte d'Ivoire. Dynamique des systèmes agraires, Colloques et séminaires ORSTOM, p. 109-139.

Morissens, P. 1985. Projet de développement de la pisciculture au Bénin. Rapport annuel 1984. Doc. roneo., CTFT, Nogent-sur-Marne. 17 p.

——— 1986. Projet de développement de la pisciculture au Bénin. Rapport annuel 1985. Doc. roneo., CTFT, Nogent-sur-Marne. 23 p.

Morissens, P., Roche, P., Aglinglo, C. 1986. La pisciculture intensive en enclos dans les grandes lagunes du Sud-Est Bénin. Bois et forêts des tropiques, 213.

Nash, C. 1987. Future economic outlook for aquaculture and related assistance needs. FAO, ADCP/REP/87/25, Rome. 14 p.

Parrel, P., Ali, I., Lazard, J. 1986. Le développement de l'aquaculture au Niger : un exemple d'élevage de Tilapia en zone sahélienne. Bois et forêts des tropiques, 212, 71-94.

Satia, B. 1988. Doc. FAO/ADCP. (En cours de publication)

ÉTUDE DES PROCESSUS MORPHOLOGIQUES ET ENDOCRINOLOGIQUES DE LA DIFFÉRENCIATION NATURELLE DU SEXE CHEZ OREOCHROMIS NILOTICUS, APPLIQUÉE À LA PRODUCTION DE POPULATIONS MONOSEXES : INTÉRÊTS ET PERSPECTIVES

J.F. Baroiller
Département piscicole, Institut des savanes (IDESSA)
B.P. 621, Bouaké, Côte d'Ivoire

Résumé *L'inversion hormonale constitue chez le tilapia un outil essentiel pour le contrôle du sexe. Pour mieux comprendre le rôle physiologique des stéroïdes lors de la différenciation gonadique du sexe, et envisager une amélioration des techniques de contrôle, des études morphologiques et endocrinologiques ont été entreprises en parallèle sur des alevins d'Oreochromis niloticus élevés à 27 °C. Au cours de l'ontogénèse, les premières caractéristiques classiques de différenciation apparaissent de 28 à 35 jours pour l'ovaire, et vers 55 jours pour le testicule. Les potentialités stéroïdogènes de ces gonades ont été analysées in vitro du 25e au 90e jour. Les deux précurseurs radioactifs utilisés sont activement métabolisés à tous les âges étudiés : des différences précoces spécifiques du sexe sont mises en évidence en caractérisant certains stéroïdes. Des arguments physiologiques sont donc apportés à l'hypothèse de l'existence de stéroïdes gonadiques au moment de la différenciation, qui pourrait jouer un rôle d'inducteurs naturels du sexe. Ces résultats pourraient permettre d'améliorer les techniques de contrôle artificiel du sexe. Un protocole d'obtention d'un génotype nouveau (YY), à descendance monosexe mâle, est proposé. La viabilité et la fertilité de tels géniteurs étant démontrées pour la première fois, leur utilisation en élevage apporte une nouvelle voie pour la production de populations monosexes mâles non traitées par les hormones.*

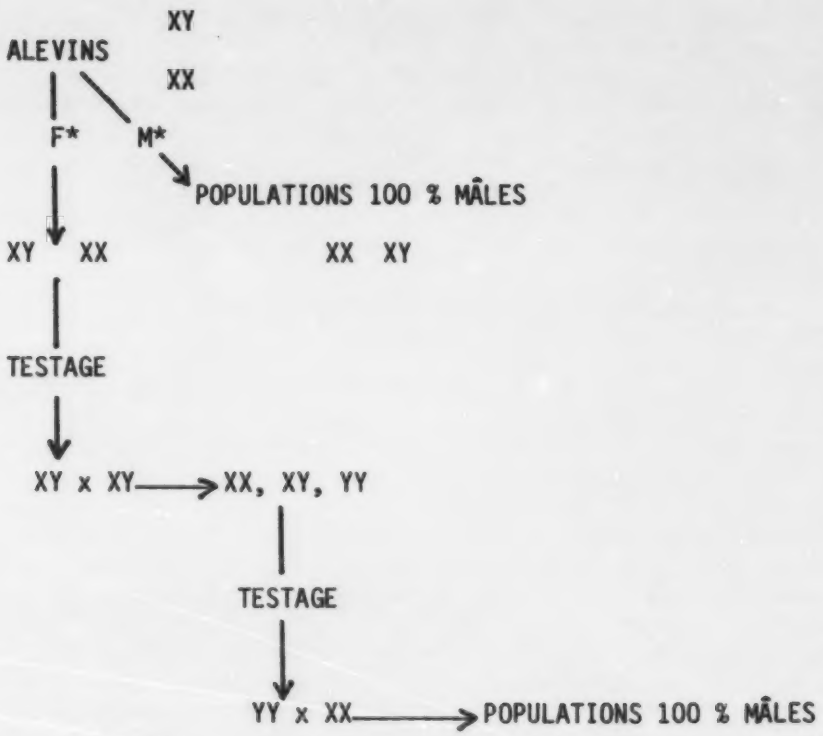
Abstract *Hormone reversal is an essential sex control tool in dealing with Tilapia. To obtain a clearer understanding of the role of steroids in gonadic sex differentiation, and to improve control techniques, parallel morphological and endocrinological studies were undertaken with Oreochromis niloticus fry reared at 27°C. During ontogenesis, the first conventional differentiation characteristics appear at 28 to 35 days with respect to ovaries, and at approximately 55 days with respect to testicles. The steroidogenic potentials of these gonads were analyzed in vitro from day 25 to 90. The two radioactive precursors used are actively metabolized at every age studied: specific early sexual differ-*

ences are made evident by measurement of certain steroids. So physiological arguments are added to the hypothesis that gonadic steroids exist at the time of differentiation and could act as natural sex inducers. These results could improve artificial sex control techniques. A protocol is proposed for obtaining a new (YY) monosex male-based genotype. Since the viability and fertility of such stock have been demonstrated for the first time, their use in rearing indicates a new route to the production of monosex male populations untreated with hormones.

Introduction

L'efficacité de reproduction du tilapia et sa précocité de maturité sexuelle se traduisent, en milieu confiné et en situation de compétition alimentaire, par une rapide surpopulation et une tendance au nanisme (Hickling 1960; MacBay 1961; Loya et Fishelson 1969; Hyder 1970; Eyeson 1983; Lazard 1984). Un strict contrôle de sa reproduction s'avère donc souvent nécessaire à la rentabilité de son élevage. Chez le tilapia, on admet que la croissance des mâles est supérieure à celle des femelles. Dès lors, l'utilisation de populations monosexes constitue l'une des solutions les plus recherchées, y compris dans les systèmes d'élevage où les reproductions peuvent être évitées. Classiquement, les populations monosexes mâles peuvent être obtenues par sexage manuel, par hybridation, et par inversion hormonale. Mais le sexage manuel, qui nécessite du temps et de la main-d'oeuvre, conduit à l'élimination de la moitié des animaux, pourtant élevés jusqu'à 20-50 g, sans éviter pour autant une erreur de diagnostic de 2,7 à 10 % (Lazard 1980; Chervinski et Rothbard 1982). L'hybridation, quant à elle, se heurte en production commerciale à deux problèmes : une faible production d'alevins (Lovshin 1982; Guerrero 1982; Mires 1982), mais aussi la difficulté de prévenir des contaminations génétiques des deux souches parentales par d'autres espèces de tilapia, conduisant ainsi à une diminution progressive du fort pourcentage de mâles (Pruginin et al. 1975; Lovshin 1982; Guerrero 1982).

En revanche, l'inversion hormonale constitue chez le tilapia un outil performant et fiable, autorisant théoriquement deux approches (Fig. 1). La masculinisation conduit directement à une population mâle à 100 %, mais soulève les problèmes liés à l'utilisation d'hormones de synthèse sur des animaux destinés à la consommation. La voie indirecte, plus complexe, qui passe, au contraire, par la féminisation, permet de se libérer de ces problèmes puisque les populations monosexes théoriquement obtenues n'auront jamais été en contact avec les stéroïdes utilisés. Toutefois, la réalisation pratique d'une telle approche restait liée à deux conditions : démontrer la viabilité et la fertilité du génotype nouveau ainsi produit, et optimiser l'efficacité des traitements féminisants. Pour cela, les processus morphologiques et endocrinologiques de la différenciation naturelle du sexe ont été analysés chez Oreochromis niloticus, au Laboratoire de physiologie des poissons de l'INRA de Rennes (France), et le protocole d'obtention de génotype nouveau à



* M = masculinisation; F = féminisation.

Fig. 1. Production d'alevins monosexes mâles. Cas d'Oreochromis niloticus.

descendance monosexe réalisé au Département piscicole de l'IDESSA à Bouaké (Côte d'Ivoire).

La différenciation morphologique et physiologique de la gonade

Pour mieux comprendre le rôle physiologique des stéroïdes pendant le développement précoce de l'alevin, une étude corrélée de l'apparition des critères morphologiques de la différenciation de la gonade et de ses potentialités stéroïdogènes a été menée sur des alevins élevés à 27 °C.

L'ontogenèse gonadique a été suivie entre le 9e et le 90e jour de postfécondation (PF) par examen histologique de coupes longitudinales sériées de 4 µm, d'alevins entiers puis de gonades, prélevées dans la cavité péritonéale.

La transformation de la gonade morphologiquement indifférenciée en un ovaire est précocement révélée par l'apparition concomitante, dès 28 jours PF, des premières figures de prophase de méïose

et de la future cavité ovarienne. Ce n'est que beaucoup plus tard, vers le 55e jour PF, qu'une configuration particulière, en lobules, permet de définir, chez d'autres individus, la différenciation testiculaire. Dès 35 jours PF environ, les modifications morphologiques internes de la gonade se traduisent par un dimorphisme net entre la fine gonade mâle et la gonade femelle, élargie et blanchâtre, dans laquelle les ovocytes en accroissement auxocytaire sont visibles sous loupe binoculaire. Au cours de ces ontogenèses mâles et femelles, l'existence de cellules potentiellement stéroïdogènes a ensuite été recherchée par histochimie. Dans les ovaires de 90 jours, cette technique révèle des cellules à activité enzymatique stéroïdienne. Des images équivalentes sont retrouvées non seulement dans le testicule du même âge, mais aussi dans des gonades encore histologiquement indifférenciées. En conclusion de cette étude morphologique et histochimique, la différenciation ovarienne prend place entre 28 et 35 jours PF. Les caractéristiques histologiques équivalentes n'apparaissent chez le mâle qu'entre 55 et 70 jours PF. L'étude histochimique met en évidence, pour la première fois chez le poisson, des cellules à activité enzymatique stéroïdienne dans des gonades morphologiquement indifférenciées de 27 jours (Baroiller 1988).

La détection histochimique des cellules potentiellement stéroïdogènes nous a conduit à analyser in vitro ces potentialités stéroïdogènes. Les gonades fraîchement prélevées sont incubées en présence de précurseur radioactif, puis les stéroïdes sont extraits du milieu et des tissus, séparés, et purifiés. Sans détailler les résultats, les conclusions essentielles de cette analyse stéroïdienne sont les suivantes :

- À tous les stades étudiés (de 25 à 90 jours PF), le précurseur stéroïdien est activement métabolisé, indiquant ainsi une capacité stéroïdogénique précoce, débutant avant tout signe morphologique de la différenciation (Baroiller et al. 1988). Ce résultat apporte donc des arguments biochimiques à l'hypothèse sur l'existence de stéroïdes gonadiques au moment de la différenciation, qui pourraient jouer un rôle d'inducteur naturel du sexe. Jusqu'à présent, cette hypothèse ne reposait que sur des résultats obtenus après traitement d'inversion hormonale.

- Pour toutes les incubations de gonades séparées selon le sexe, des différences spécifiques du sexe, qualitatives et quantitatives, ont été mises en évidence au niveau des métabolites produits (Tableau 1).

- Parmi les stéroïdes identifiés à des âges précoces, proches de la période de différenciation, la testostérone est trouvée aussi bien dans les incubations de testicules que d'ovaires de 42 jours. Ce résultat doit être rapproché des effets paradoxaux féminisants ou des anomalies des canaux déférents, respectivement observés après traitement d'inversion hormonale du sexe à fortes et moyennes doses de méthyl-

Tableau 1. Identification de métabolites extraits de gonades incubées en présence d'un précurseur tritié (l'androsténédione) à différentes étapes de leur ontogénèse.

	Mâles					Femelles			
	Âge (jours PF)					Âge (jours PF)			
Stéroïdes	42	49	56	69	90	42	49	69	90
Oestrone						X	X	X	X
Oestradiol-17B	O	O		O	O	X	X	X	X
Oestriol					O			O	O
Testostérone	X			X	X	X		X	X
11-B-hydroxy-androsténédione	X	X	X	X	X	X		X	X
Adrénostérone	X	X	X		X	O			
11-cétotestostérone		X	X	X	X		X		

O = métabolites recherchés mais non identifiés après purifications successives dans différents systèmes; X = métabolites identifiés après purifications successives dans différents systèmes.

testostérone. Le rôle de la testostérone endogène dans la différenciation naturelle du testicule n'est donc pas forcément si évident.

° Enfin, parmi l'environnement stéroïdien potentiel, défini partiellement dans cette étude, les gonades mâles, une à deux semaines seulement après l'initiation de la différenciation, possèdent des enzymes fonctionnelles permettant la synthèse d'autres hormones que la testostérone. Parmi celles-ci, l'adrénostérone et la 11B-hydroxy-androsténédione ne sont identifiées à tous les âges étudiés que dans les incubations de testicules.

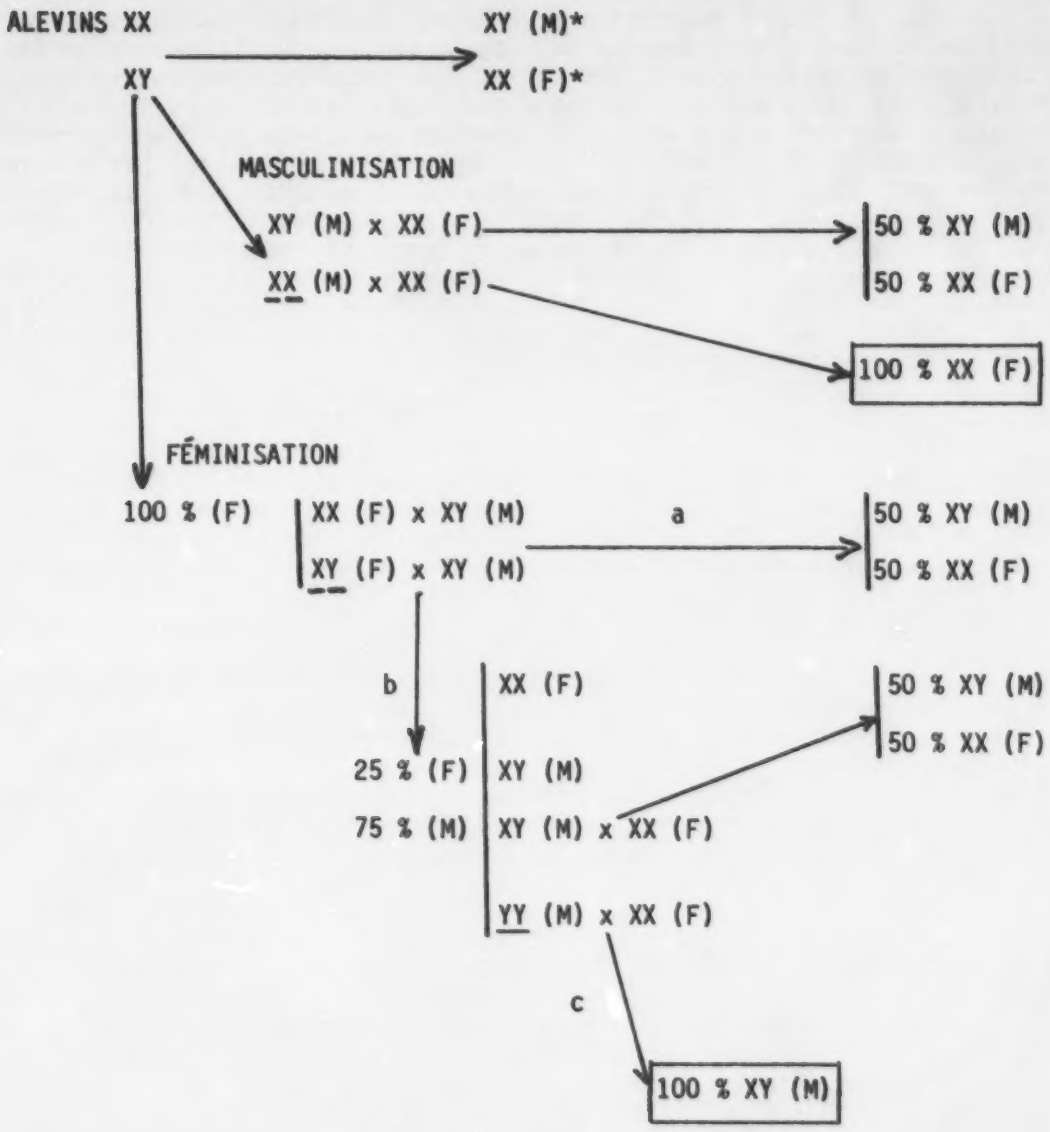
Contrairement à la testostérone, ces deux androgènes semblent donc spécifiques du sexe mâle, au moins pour les stades précoces analysés in vitro.

Obtention de géniteurs à descendance monosexe au Département piscicole de l'IDESSA à Bouaké (Côte d'Ivoire)

Deux types de géniteurs étaient recherchés (Fig. 2) :

° des géniteurs YY à descendance monosexe mâle;

° des géniteurs mâles XX dont le croisement par une femelle non traitée XX conduit à une descendance monosexe femelle.



* (M) = phénotype mâle; (F) = phénotype femelle.
— = génotype nouveau; -- = phénotype ne correspondant pas aux génotypes.

Fig. 2. Protocole d'obtention de populations monosexes mâles et femelles chez Oreochromis niloticus.

L'intérêt des premiers a déjà été souligné dans l'introduction. Toutefois, il convenait d'isoler de tels individus dont la viabilité à la naissance était incertaine, de même que leur fertilité après maturité sexuelle.

Les seconds apportent à l'étude des facteurs influençant la différenciation et, par conséquent, la sex-ratio - un outil précieux et indispensable. En effet, la totalité de telles études a été, jusqu'à présent, effectuée sur des alevins issus de géniteurs «classiques» et non triés. Or, des études récentes démontrent que des croisements intraspécifiques entre géniteurs non traités conduisent, pour certains couples, à des descendances d'alevins dont la sex-ratio diffère significativement de 50 % de chacun des sexes; dans quelques rares cas, des populations monosexes mâles ou femelles étaient même obtenues. Dès lors, il devient fort hasardeux de tester des traitements quels qu'ils soient, sans utiliser des alevins dont on connaît d'avance le sexe futur phénotypique normalement exprimé.

Ce sont, bien sûr, les néomâles XX qui sont les plus faciles à obtenir par simple masculinisation d'un lot d'alevins : les mâles obtenus sont testés un par un, après maturité sexuelle, par reproduction avec une femelle non traitée XX. Les mâles génétiques XY croisés par ces femelles XX produisent 50 % de mâles et 50 % de femelles. Par contre, les néomâles XX issus de l'inversion de femelles génétiques fourniront, par ce croisement, une descendance 100 % femelle XX.

Après masculinisation d'une famille d'alevins d'Oreochromis niloticus par un traitement à la 17-méthyltestostérone, incorporée à raison de 35 µg par gramme d'aliment, et fourni pendant 4 semaines, 18 des mâles obtenus ont été testés après grossissement. Six d'entre eux ont donné, par croisement avec une femelle non traitée, des populations monosexes femelles. Ces néomâles ainsi identifiés sont marqués et isolés pour être utilisés ultérieurement.

Les mâles YY à descendance monosexe mâle sont beaucoup plus difficiles à obtenir. Ils nécessitent d'abord la féminisation d'une population d'alevins. Celle-ci, conformément à la littérature (Tayamen et Shelton 1978; Hopkins et al. 1979), ne produit pas d'aussi bons résultats que les traitements masculinisants. Parmi les femelles obtenues après traitement à 35 µg d'éthinyl-oestradiol par gramme d'aliment pendant 4 semaines, 8 ont été testées par reproduction avec un mâle non traité XY. Pour chaque croisement, la descendance est isolée et mise en grossissement jusqu'à une taille sexable. Trois des huit populations d'alevins présentaient une sex-ratio voisine de trois mâles pour une femelle, indiquant ainsi que leur mère, croisée par le mâle non traité XY, était également XY.

Parmi ces 75 % de mâles obtenus, un tiers sont théoriquement des mâles YY. Pour les identifier, il faut recourir à un nouveau testage en croisant chaque mâle par une femelle non traitée XX. Un de ces testages a effectivement fourni une descendance monosexe mâle, révélant ainsi le génotype YY de ce géniteur mâle. Ce génotype nouveau est donc bien viable à la naissance et est fertile. D'autres animaux de ce type sont recherchés parmi les autres mâles obtenus.

Intérêts et perspectives de ce travail

Deux pôles d'intérêts peuvent être considérés dans ce travail. Le premier consiste en un intérêt scientifique puisque, même si l'on connaît bien chez les mammifères le rôle des stéroïdes sur les caractères sexuels secondaires et les voies génitales, on sait très peu de choses, en revanche, sur leur rôle dans la différenciation de la gonade. Le tilapia peut constituer un modèle particulièrement intéressant pour cette étude : de nombreuses générations d'origine connue peuvent être facilement obtenues, leur différenciation se met en place très tôt, et ils sont particulièrement sensibles à l'action des facteurs externes.

De plus, contrairement aux vertébrés supérieurs, les poissons peuvent être efficacement soumis à des traitements d'inversion hormonale du sexe. Dès lors, il est possible de disposer de descendances monosexes dont le sexe est connu avant même leur différenciation naturelle. De tels animaux s'avèrent particulièrement intéressants pour étudier la différenciation vers un sexe défini, dès leur conception et sans attendre leur expression morphologique.

Le deuxième pôle d'intérêt découle directement du premier : une meilleure connaissance de l'environnement endocrinien de la gonade à ces moments clés pourrait permettre d'envisager une amélioration des techniques du contrôle du sexe, voire même de proposer de nouveaux traitements. En particulier, la 11B-hydroxy-androsténédione (stéroïde naturel identifié précocement dans cette étude) semble spécifique des stades précoces de l'ontogenèse testiculaire. Or, ce stéroïde, testé récemment au Département piscicole, se révèle capable de masculiniser à 100 % une fratrie d'alevins d'Oreochromis niloticus génétiquement femelle. De même, connaissant une partie des stéroïdes synthétisés normalement par la gonade en différenciation, il devient possible d'utiliser des inhibiteurs de la synthèse de certaines de ces hormones pour bloquer certaines voies métaboliques ou pour en favoriser d'autres. Dès lors, l'animal est contraint de «fabriquer» lui-même l'hormone naturelle qui fera de lui un mâle ou une femelle. De tels traitements à l'aide d'inhibiteurs sont actuellement testés au Département piscicole.

Enfin, grâce aux inversions hormonales, cette station possède ou possèdera tout un arsenal de géniteurs mâles à génotype XX, XY et YY, et de géniteurs femelles XX ou XY. À partir de ces animaux, une étude génétique du déterminisme du sexe peut être envisagée en comparaison avec les sex-ratio des descendances issues des croisements intraspécifiques de ces géniteurs. Un tel travail pourrait permettre de mieux comprendre génétiquement les résultats surprenants concernant certaines sex-ratio obtenues.

De même, cet arsenal s'avère indispensable pour étudier l'effet des facteurs externes et, en particulier, la température sur la différenciation et la sex-ratio. Si l'on connaît bien

l'importance de la température dans les inversions naturelles du sexe chez des poissons hermaphrodites ou dans le déterminisme du sexe chez les tortues et les crocodiles, on avait néanmoins, jusqu'à présent, peu recherché son influence sur la différenciation du sexe des animaux gonochoriques, comme le tilapia. Or, récemment, Conover et Kynard (1981) et Conover (1984) ont démontré qu'un poisson de l'Océan Atlantique présentait une période thermosensible de fixation du sexe.

Pour détecter un effet possible de la température chez le tilapia, il était fondamental de disposer d'un outil sensible. Or, le moindre effet d'une variation de température à un moment donné de l'ontogénèse pourrait être détecté, à condition que ce traitement soit effectué sur une population qui aurait dû conduire, sans manipulation de ces facteurs, à 100 % d'individus d'un même sexe. Si un tel effet était démontré, une substitution partielle ou totale du traitement d'inversion hormonale par une manipulation des facteurs externes permettrait d'éliminer tous les problèmes liés à la commercialisation d'animaux directement traités par stéroïdes.

Enfin, parmi cet arsenal figure un génotype nouveau : YY. Cet animal, dont la viabilité a été démontrée, et qui a été isolé pour la première fois chez le tilapia dans nos expériences, s'avère particulièrement intéressant : après production d'un stock suffisant, de tels poissons pourraient être fournis à des pisciculteurs qui, en les reproduisant avec des femelles non traitées XX, obtiendront ainsi des descendances monosexes mâles.

Il est même possible d'obtenir, à partir de ces mâles YY ou à partir des femelles XY, des individus YY femelles. Un élevage de ce nouveau génotype YY devient donc envisageable puisqu'il sera conservé au fil des générations. Il suffira, de temps à autre, de féminiser quelques alevins pour reconstituer le stock de femelles YY.

Références

Baroiller, J.F. 1988. Étude corrélée de l'apparition des critères morphologiques de la différenciation de la gonade et de ses potentialités stéroïdogènes chez Oreochromis niloticus. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris, France. 70 p.

Baroiller, J.F., Fostier, A., Jalabert, B. 1988. Precocious steroidogenesis on the gonads of Oreochromis niloticus during and after sexual differenciation. In Breton, B. et Zohar, Y., éd., Basic and applied aspects in endocrinology and genetics. Éd. INRA, Tel Aviv, Israël. Les colloques de l'INRA, n° 44, 10 au 12 novembre 1986. p. 137-141.

Chervinski, J., Rothbard, S. 1982. An aid in manually sexing tilapia. Aquaculture, 26, 389.

Conover, D.O. 1984. Adaptative significance of temperature-dependent sex-determination in a fish. Am. Nat., 123, 297-313.

Conover, D.O., Kynard, B.E. 1981. Environmental sex determination : Interaction of temperature and genotype in a fish. Science, 213, 577-579.

Eyeson, K.N. 1983. Stunting and reproduction in pond-reared Sarotherodon melanotheron. Aquaculture, 31, 257-267.

Guerrero, R.D. 1982. Control of tilapia reproduction. In Pullin, R.S.V. et Lowe-McConnell, R.H., éd., The biology and culture of tilapia. ICLARM, Manila, Philippines. p. 309-316.

Hickling, C.F. 1960. The Malacca tilapia hybrids. J. Genet, 57, 1-10.

Hopkins, K.D., Shelton, W.L., Engle, C.R. 1979. Estrogen sex reversal of Tilapia aurea. Aquaculture, 18, 263-268.

Hyder, M. 1970. Gonadal and reproductive patterns in Tilapia leucostica (Teleostei: Cichlidae) in an equatorial lake: Lake Neivasha (Kenya). J. Zool., 162, 179-195.

Lazard, J. 1980. Le développemen de la pisciculture intensive en Côte d'Ivoire. Exemple de la ferme piscicole pilote de Natio-Kobadara (Korhogo). Notes et documents sur la pêche et la pisciculture, 21, 1-44.

——— 1984. L'élevage du tilapia en Afrique. Données techniques sur la pisciculture en étangs. Bois et forêts des tropiques, 206, 33-50.

Lovshin, L.L. 1982. Tilapia hybridization. In Pullin, R.S.V. et Lowe-McConnell, éd., The biology and culture of tilapia. ICLARM, Manila, Philippines. p. 279-308.

Loya, L., Fishelson, L. 1969. Ecology of fish breeding in brackish water ponds near the Dead Sea (Israël). J. Fish. Biol., 1(3), 261-278.

McBay, L.G. 1961. The biology of Tilapia nilotica (Linnaeus). Proceedings of Annual Conference, Southeast Assoc. Game Fish Comm., 15, 208-218.

Mires, D. 1982. A study of the problems of the mass production of hybrid tilapia fry. In Pullin, R.S.V. et Lowe-McConnell, R.H., éd., The biology and culture of tilapia. ICLARM, Manila, Philippines. p. 317-329.

Pruginin, Y., Rothbard, S., Wohlfarth, G., Halevy, A., Moav, R., Hulata, G. 1975. All male broods of Tilapia nilotica x Tilapia aurea hybrids. Aquaculture, 6, 11-21.

Tayamen, M.M., Shelton, W.L. 1978. Inducement of sex reversal in Sarotherodon niloticus. Aquaculture, 14, 349-354.

SPLIT-PLOT ANOVA INTERACTIONS BETWEEN FERTILIZER APPLICATION, ECOLOGICAL CONDITIONS, AND PLANKTON DYNAMICS AND FISH YIELD IN TROPICAL FISH PONDS

C. Yetunde Jeje
Fisheries and Hydrobiology Unit, Department of Zoology, University of Ibadan, Nigeria

Abstract *The relationship between fertilizer application, ecological conditions, plankton composition and abundance and fish yield in experimental tropical fish ponds is investigated using a split-plot analysis of variance (ANOVA) model. Ponds were arranged in a partially randomized experimental block design. Nutrients were supplied from four fertilizers commonly used in Nigeria: ammonium sulphate, NPK (15-15-15), cow dung, and chicken manure. A standard application(s) and 80% standard application (L) were employed for each fertilizer type. The efficacy of standard applications and their frequency of application (developed from research in temperate and subtropical regions) in tropical fish ponds are discussed given their high attendant temperatures.*

Résumé *Nous avons étudié les rapports existant entre l'épandage d'engrais, les conditions écologiques, la composition et l'abondance du plancton, d'une part, et le rendement des poissons dans des étangs expérimentaux, d'autre part, à l'aide d'un dispositif en parcelles divisées et de l'analyse de la variance. Les étangs ont été disposés en blocs partiels aléatoires. Les matières nutritives étaient fournies sous forme de quatre engrais communément utilisés au Nigeria : le sulphate d'ammonium, le NPK (15-15-15), le fumier de vache et le lisier de poulet. Pour chaque type d'engrais, nous avons procédé à un épandage standard et à un épandage équivalant à 80 % de l'épandage standard (L). Nous traitons de l'efficacité des épandages standards et de la fréquence de ces épandages (déterminés à partir des résultats de recherche menées en régions tempérées et subtropicales) pour l'élevage de poissons en étangs tropicaux, compte tenu des températures élevées qui caractérisent ces derniers.*

Introduction

The optimum in fish farming is to produce enough natural food to provide reasonable quantities of protein, lipids, vitamins, and minerals for healthy fish growth. This is with a view toward lowering the quantities of supplemental feed that have to be

applied to these ponds. Supplemental feed constitutes a major expense in fish culture. For profitable fish farming, it is desirable to know the type and quantity of natural feed consumed by a fish species to determine the composition and quantity of any supplemental feed required (Spataru et al. 1983; Milstein et al. 1985; Tudorancea et al. 1988).

It is well established that fish production generally increases with fertilization, indicating that the effect of nutrient addition is transferred through the trophic levels (Hall et al. 1970; Hey 1971; O'Brien and de Noyelles 1974; Dada 1975; Boyd 1979; Brown and Gratzek 1980). Fertilizers, added to water, contribute to the development of microscopic plant organisms (phytoplankton) that serve as food for fish, either directly or indirectly. Phytoplankton may be eaten by microscopic animals (zooplankton) and the latter eaten by the fish. Various correlations between nutrients and plankton have been suggested (Nauwerek 1963; Hrbacek 1966; Janusko 1974; Jana and De U.K. 1983), although there is no clear definition about the functional couplings between trophic levels and broad ranges of nutrient concentration, especially for Africa (George 1975).

In Africa, little information has been documented on fish pond fertilization, and nutrient additions have been of an ad hoc nature (Miller 1975; Balarin and Hatton 1979). Experiments carried out elsewhere, under temperate or subtropical conditions, have helped to establish certain regimes of fish pond fertilization (Schaperclaus 1933; Hickling 1962; Maar et al. 1966; Huet 1972; Kavalec 1975; Boyd 1979; Brown and Gratzek 1980). Just as soil fertilization needs differ for various localities, pond fertilization needs will also differ. Formulae successful in one area will not necessarily produce the same results in another area because of differences in climatic regimes, soil composition, and the biological and physicochemical characteristics of the water.

Fertilizer applications developed for various species in temperate or subtropical countries are not necessarily the most beneficial for fish species in tropical regions. This is because there has been no carefully planned experimentation to assess their suitability. Also, given high tropical temperatures, it is likely that some of these fertilizers are not being efficiently applied at the correct time. In Nigeria and most African countries, the tendency has been to rely heavily on fertilizer regimes developed in Europe, America, and the Far East (Miller 1975). In addition, documentation on fertilizer application to fish ponds is scanty and yield values are often overestimated (FAO 1985). Pond fertilization has been either on a monthly basis or has been dependent on the availability of fertilizers. The various types of fertilizers used have also been subject to their availability. Consequently, there is a need to develop fertilizer application regimes for <u>each</u> of the commonly cultured fish species in Nigeria. The results of such a project will, without doubt, provide useful information for tropical Africa. This study represents the first phase of work on the development of fertilizer application regimes in Nigeria.

Materials and methods

Eighteen concrete ponds, each with a surface area of 0.01 ha and located on the grounds of the Zoology Department of the University of Ibadan, were used for the experiments (Fig. 1). Each pond was maintained at a depth of 0.8 m.

At the beginning of the study, the walls and floor of each pond were scrubbed, wiped with 5% formaldehyde solution, and left to dry. This was done to destroy any remaining planktonic forms. A thin layer of fine garden soil, 2 cm thick, was spread evenly over the bottom of the ponds before each was filled with water from Oba reservoir, University of Ibadan. This was done to ensure that variability among the ponds was kept to a minimum as they would all be similar in terms of their biology and chemistry at the beginning of the experiments.

Nutrient treatment levels were organized in a randomized block design (Federer 1955), with each nutrient being applied at two different rates. These were a standard rate (S) and 80% of the standard rate (L), each with a control and each with a replicate (Fig. 1). Nutrients were supplied by four fertilizers commonly used in pisciculture. Standard applications of each were given as follows:

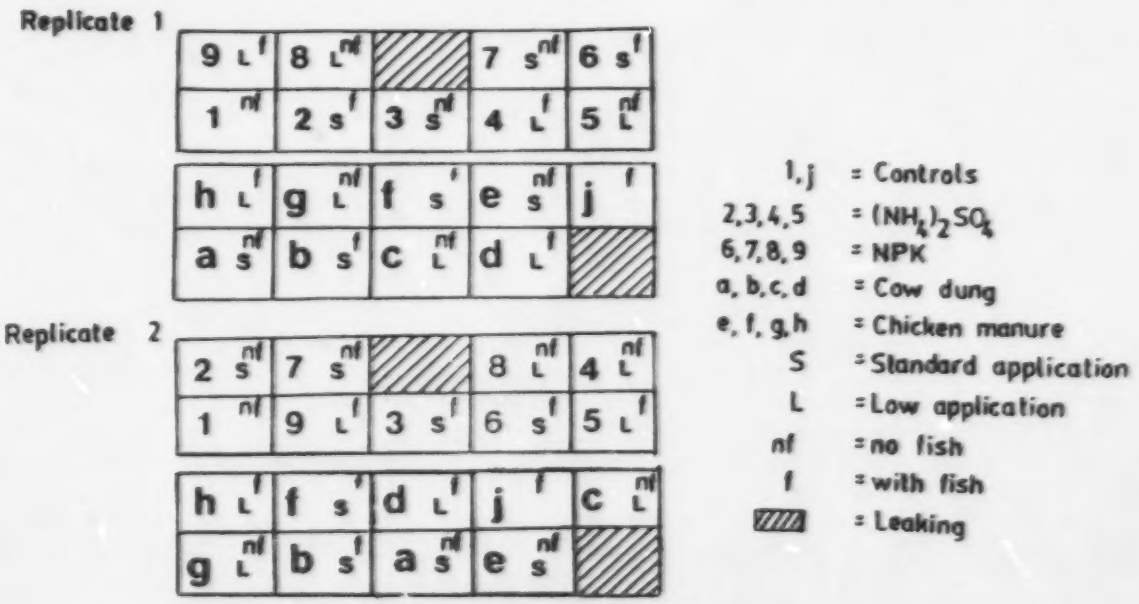


Fig. 1. Experimental pond design.

- inorganic fertilizers: NPK (15-15-15) and ammonium sulphate at 100 and 60 kg/ha respectively (Huet 1972)

- organic fertilizers: cow dung and chicken manure (obtained from the farmhouse of the Faculty of Agriculture, University of Ibadan), both at 200 kg/ha (Chakroff 1978)

The organic manures were oven dried at 60°C for 2 days prior to being used to remove as much moisture as possible. Single applications of fertilizer were made immediately after sampling the ponds during week 1. The experiment continued for 9 weeks.

Fingerlings of Sarotherodon galilaeus were obtained from the Stillwater Fish Farm, Moniya. Stocking was at a rate of 5000 per ha, with a mean weight of 18.10 $\pm$ 0.06 g and a mean length of 4.95 $\pm$ 0.05 mm.

Physicochemical variables (i.e., surface water temperature, dissolved oxygen content, hydrogen ion concentration (pH), and conductivity) were determined weekly for each pond using methods recommended by Mackereth (1967) and Boyd (1979). The light-and-dark bottle method (Vollenweider 1969) was employed as an additional method of estimating primary production for comparative statistical analyses with phytoplankton abundance. Production values obtained for both methods were used in computing a derived regression.

Plankton samples were collected from each pond once a week using a 64 mm bolting silk plankton net. Each sample was immediately fixed in 5% neutral formaldehyde solution. Phytoplankton and zooplankton identification and enumeration were carried out in a Neubauer's chamber with an inverted microscope. The mean of five counts was recorded. In addition, phytoplankton and zooplankton composition and abundance (per litre of water sample) were computed for each pond.

At the end of the experiment, ponds were drained and the weights of the fish were recorded before the experiment was replicated.

A split-plot analysis of variance (ANOVA) was employed to detect interactions between nutrient enrichment and physicochemical pond parameters. Five error terms were specified: inorganic applications versus organic applications; fertilizer type (within inorganic and organic treatments); application rate (i.e., standard rate versus 80% of the standard rate); the presence of fish versus the absence of fish; and variations over time with treatments. Error terms due to pond variability were pooled, leaving only two major error terms: between-pond variability and variation over time within treatments. Means for significant combinations with F-values >45 were then plotted to interpret interactions of significant parameters over time and correlations between treatments.

Results

Initial plankton composition and density

Prior to fertilizer application, the phytoplankton composition of the control pond without fish (typical for all other ponds) was dominated by blue-green algae, Microcystis and Coelosphaerium, of which Microcystis was the most abundant, with a density of 1.23×10^3 per L and a relative abundance of 75.40%. Green algae accounted for less than 8% and included Botryococcus, Pediastrum, Rova, and Selenastrum.

The most abundant zooplankton were the cladocera Moina micrura, with a density of 7.0×10^3 per L and a relative abundance of 25.93%, and Diaphanosoma excisum, with a density of 4.0×10^3 per L and a relative abundance of 14.81%.

Effects of fertilizer application

Fertilizer application

- altered the physicochemical features of the water
- increased primary production
- changed phytoplankton and zooplankton species abundance and composition
- interacted among these variables
- increased fish production

Alteration of the physicochemical features of the ponds

Although fertilizer application altered the physicochemical variables of dissolved oxygen content, conductivity, and hydrogen ion concentration (variations over time for all ponds, excluding ammonium sulphate-enriched ponds), no significant interactions were detected at $F > 45$ by the ANOVA model for these parameters.

Significant F-values >45 were recorded for pH interaction between the inorganic and organic fertilizer types (Fig. 2). The

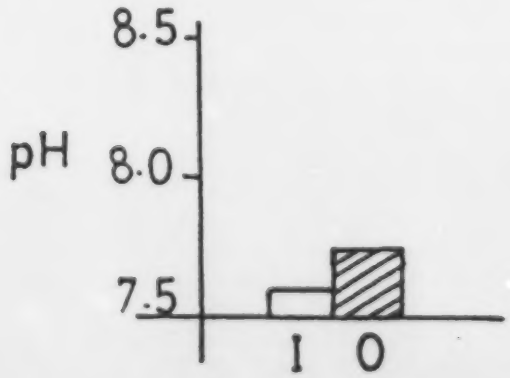


Fig. 2. Hydrogen ion concentration (pH) interaction between inorganic (I) and organic (O) applications.

pH values in the inorganic-enriched ponds were lower than those in the organic-enriched ponds. Interaction between the pH of ammonium sulphate-enriched ponds and the presence of fish was also detected by the ANOVA model (Fig. 3). In both ponds, with and without fish, pH values decreased very sharply following fertilizer application. Values then stabilized at 7.2, with slight fluctuations about this mean ranging between pH 7.2 and 7.3 in the control ponds without fish. In the ponds with fish, the initial decrease was to a value of pH 7.4, followed by gradual increasing alkalinity (pH 7.7) until the end of the study.

Increase in primary production (gross photosynthetic activity)

Interactions of gross photosynthetic activity (GPHOT) ($F > 45$) were recorded for inorganic or organic fertilizers versus time; fertilizer type versus fish versus time; and organic versus fertilizer type (within organic and inorganic) versus rate of application versus fish (Figs. 4, 5, and 6).

Ponds that received organic fertilizers averaged higher GPHOT values than ponds that received inorganic fertilizers (Fig. 4). The third-order interaction of fertilizer type versus fish versus time identified two distinct categories of fertilizers based on behavioural similarity: ammonium sulphate and cow dung (type 1) and NPK and chicken manure (type 2). Mean values recorded for ponds without fish and enriched with type 2 fertilizers were higher, on average, than those recorded for all other combinations (Fig. 5). Generally, there was an increase in GPHOT following nutrient addition, with maximum values being recorded in week 3 for type 2 fertilizers and in week 5 for type 1 fertilizers. The interaction of GPHOT for organic versus fertilizer type versus rate versus fish again demonstrated that ponds without fish, which received standard applications, recorded higher values than similarly treated ponds with fish (Fig. 6). The highest values were recorded from ponds treated with a standard application of cow dung.

Changes in plankton abundance and composition

Abundance

Fertilizer application effected an increase in phytoplankton and zooplankton densities in all ponds (Figs. 7 and 8). Control ponds without fish recorded higher densities than ponds with fish. The highest mean densities of phytoplankton (7.28×10^3 per L) and zooplankton (80×10^3 per L) were recorded from the pond without fish enriched with a standard application of cow dung.

From the time of attaining maximum phytoplankton and zooplankton densities, the fertilizers used can be divided into two main types (Figs. 9 and 10) as previously observed for GPHOT. Type 1 fertilizers are ammonium sulphate and cow dung. These produced a gradual increase in phytoplankton densities, with the maximum being attained in weeks 4 or 5. This peak was maintained

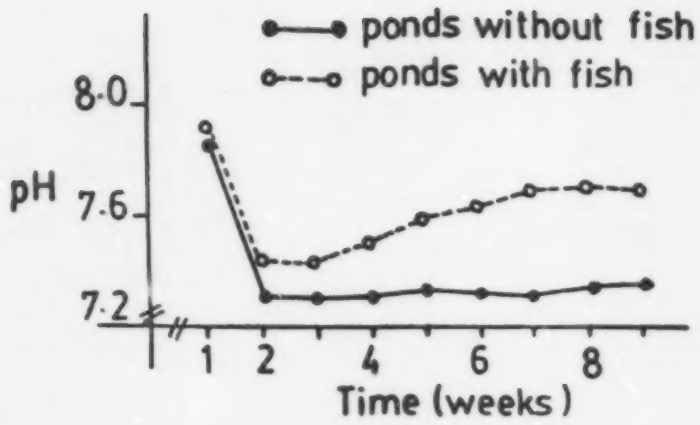


Fig. 3. Hydrogen ion concentration (pH) interaction over time for ponds without fish and ponds with fish.

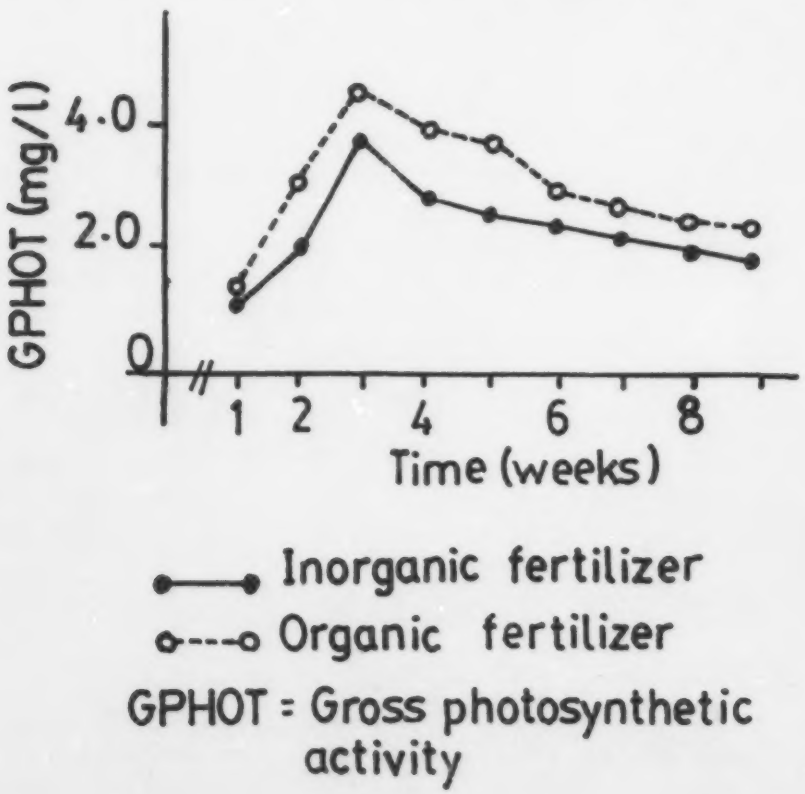


Fig. 4. Interaction of gross photosynthetic activity over time with organic and inorganic applications.

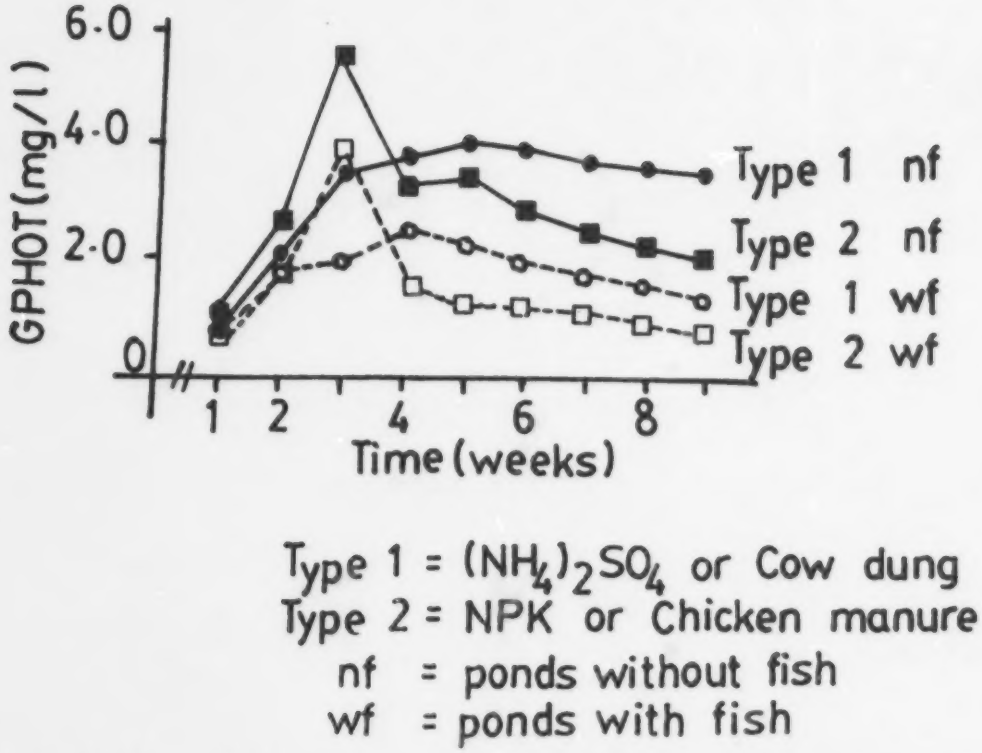


Fig. 5. Interaction of gross photosynthetic activity over time with fertilizer type and the presence of fish.

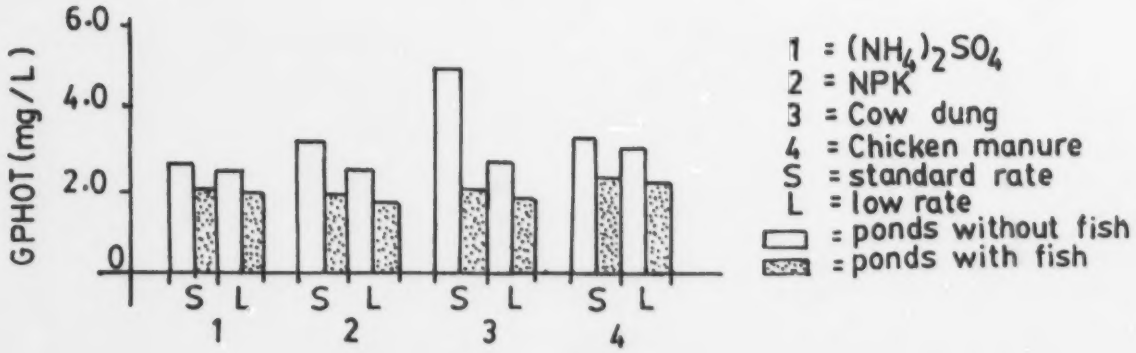


Fig. 6. Interaction of gross photosynthetic activity with inorganic and organic applications, fertilizer type, the level of application, and the presence of fish.

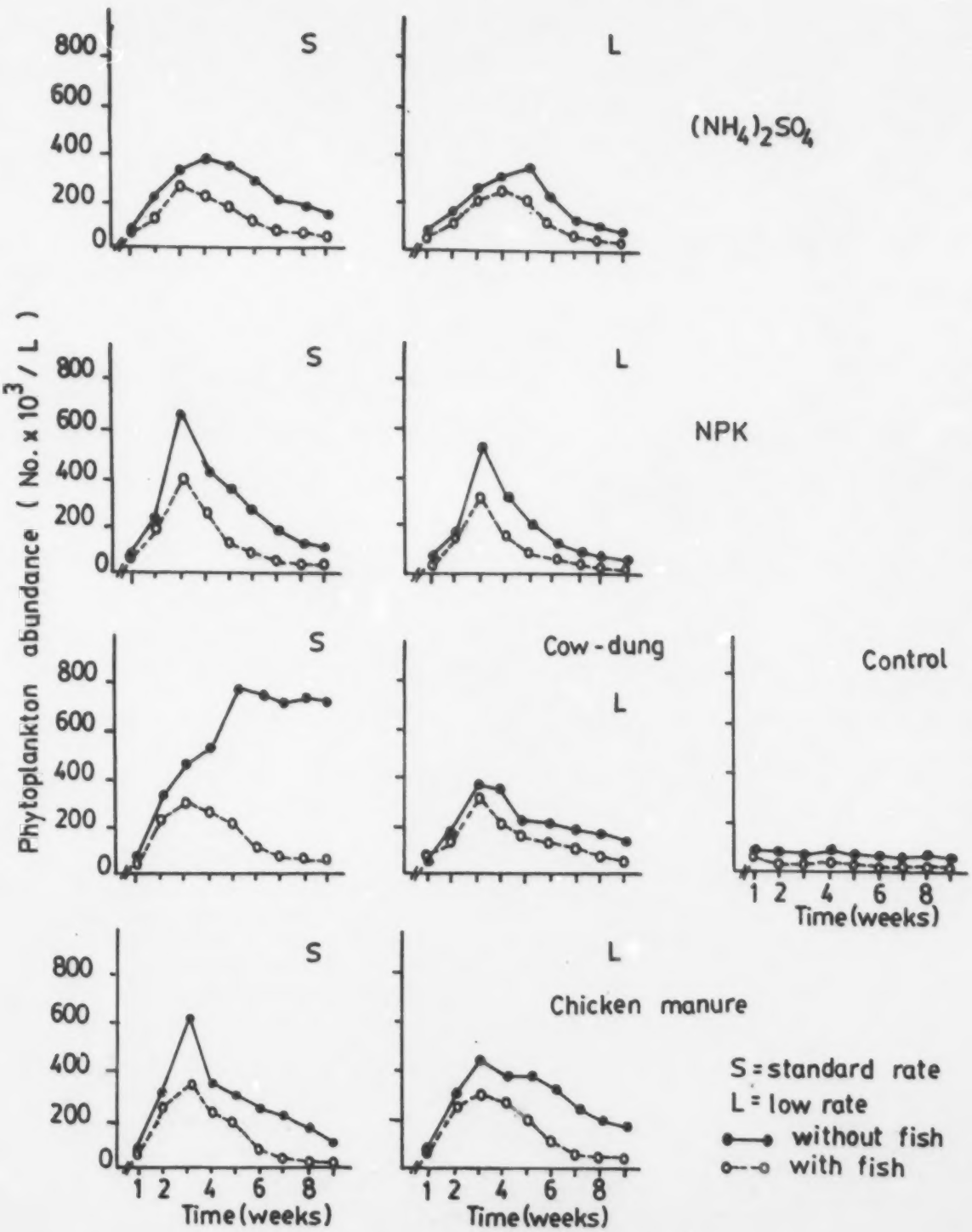


Fig. 7. Changes in phytoplankton abundance over time for all treatments.

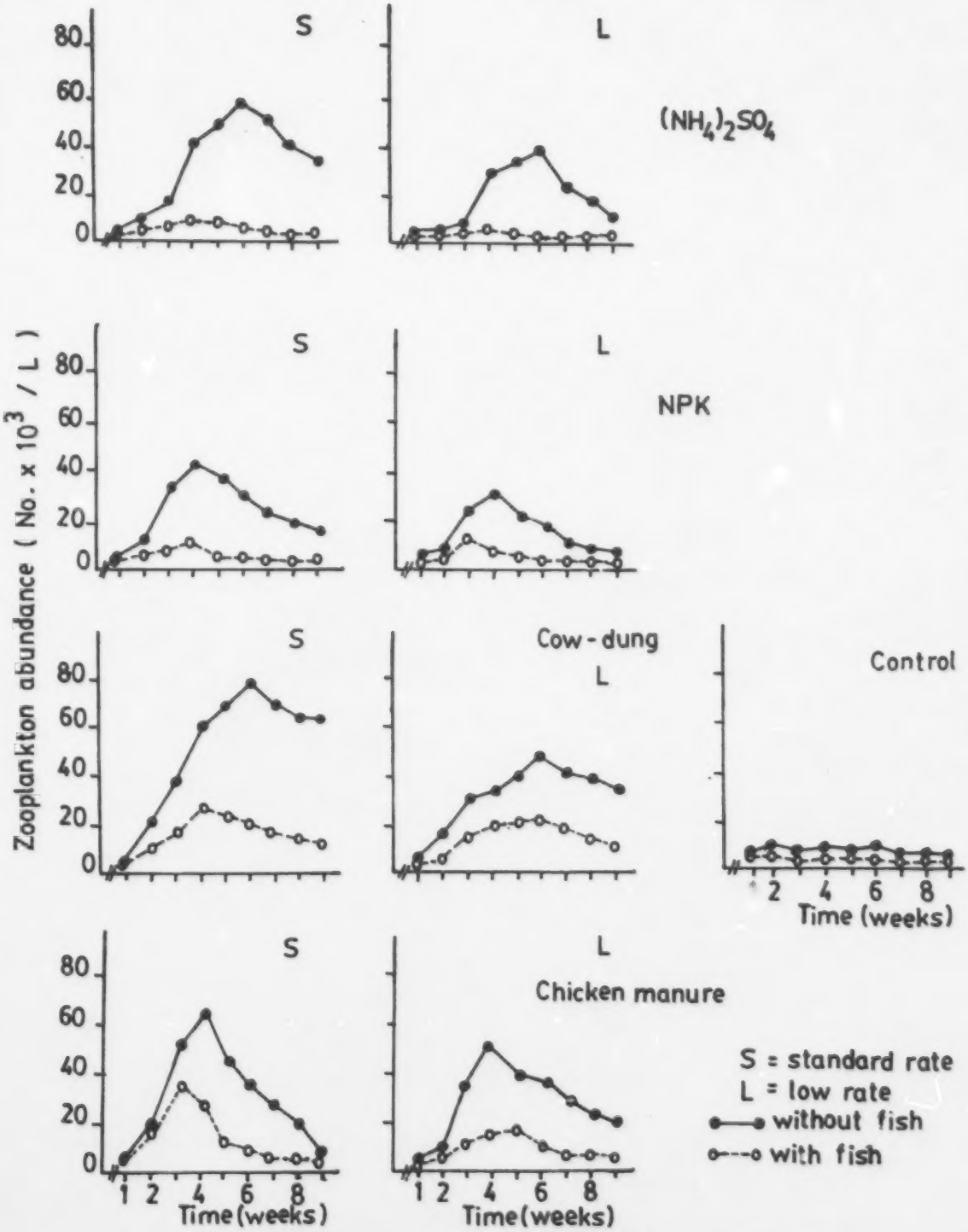


Fig. 8. Changes in zooplankton abundance over time for all treatments.

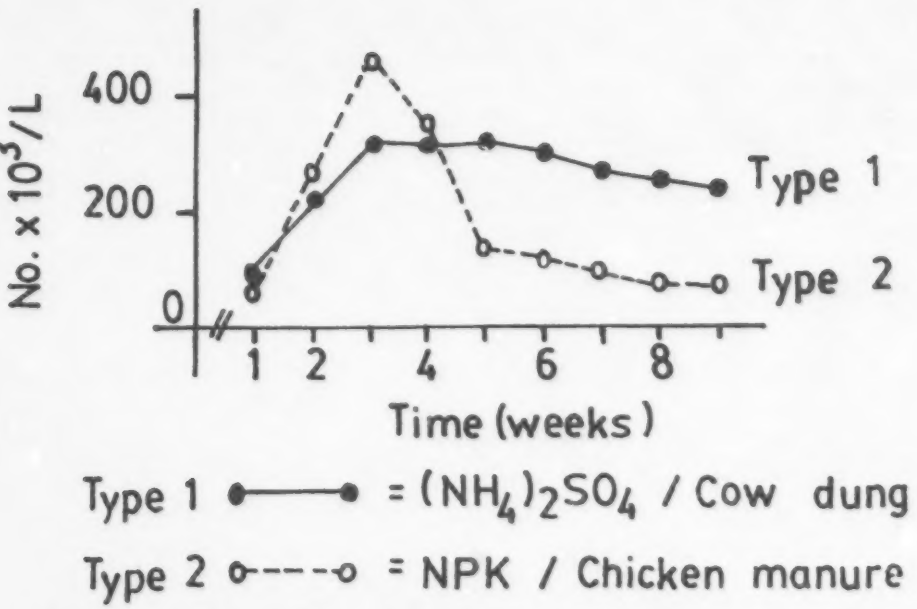


Fig. 9. Interaction of fertilizer type over time with phytoplankton abundance.

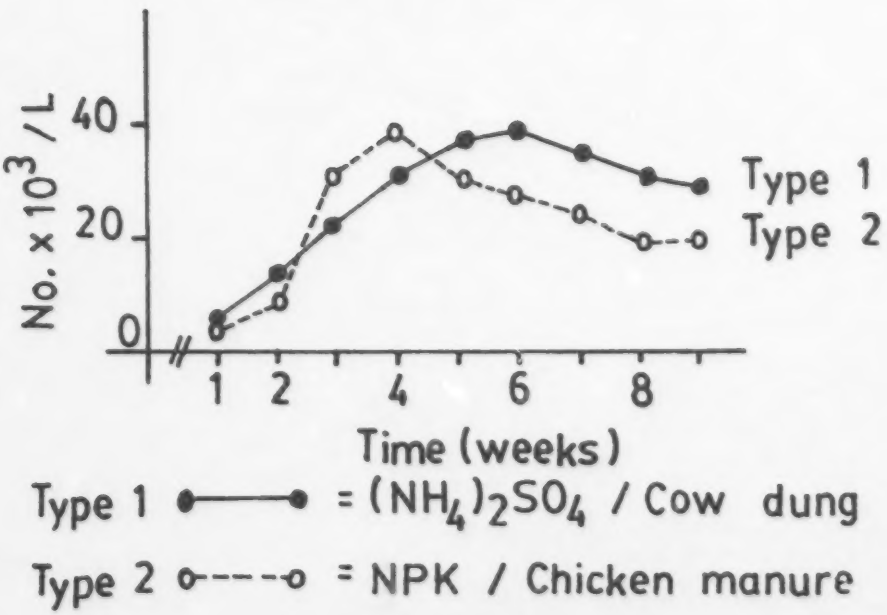


Fig. 10. Interaction of fertilizer type over time with zooplankton abundance.

for about 3 weeks before a gradual decline occurred. Type 2 fertilizers are NPK and chicken manure, the application of which produced a rapid increase in phytoplankton densities, with the peak being attained by week 3. This was followed by a rapid decline in densities. Similarly, type 1 fertilizers demonstrated a gradual increase in zooplankton densities, attaining maximum values in week 6, following which densities gradually decreased. Type 2 fertilizers effected a rapid increase in zooplankton densities, with maximum values being recorded in week 3. Thereafter, densities similarly decreased rapidly. Maximum zooplankton densities were recorded 1 week after maximum phytoplankton densities were recorded.

A fourth-order phytoplankton interaction of organic versus fertilizer type versus rate of application versus fish (Fig. 11) was similarly demonstrated by GPHOT (Fig. 6), indicating that control ponds without fish generally had higher phytoplankton densities than the experimental ponds with fish. This same fourth-order interaction was also detected for zooplankton abundance (Fig. 12). In addition, ponds enriched with either cow dung or chicken manure (organic fertilizers) had higher zooplankton densities than ponds enriched with ammonium sulphate or NPK (inorganic fertilizers). This finding was confirmed by the organic versus time interaction for zooplankton abundance (Fig. 13), where it has demonstrated that the organic fertilizer applications resulted in higher zooplankton densities than those resulting from inorganic applications.

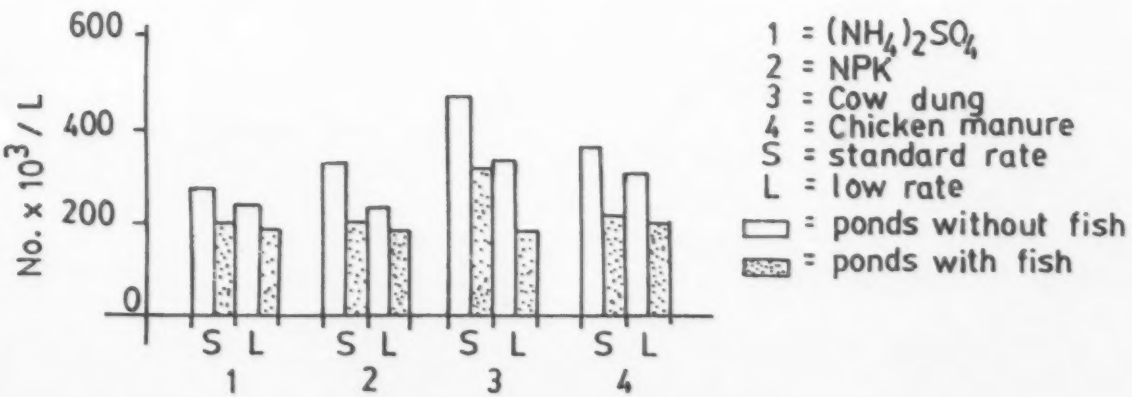


Fig. 11. Interaction of phytoplankton abundance with fertilizer type, the level of application, and the presence of fish.

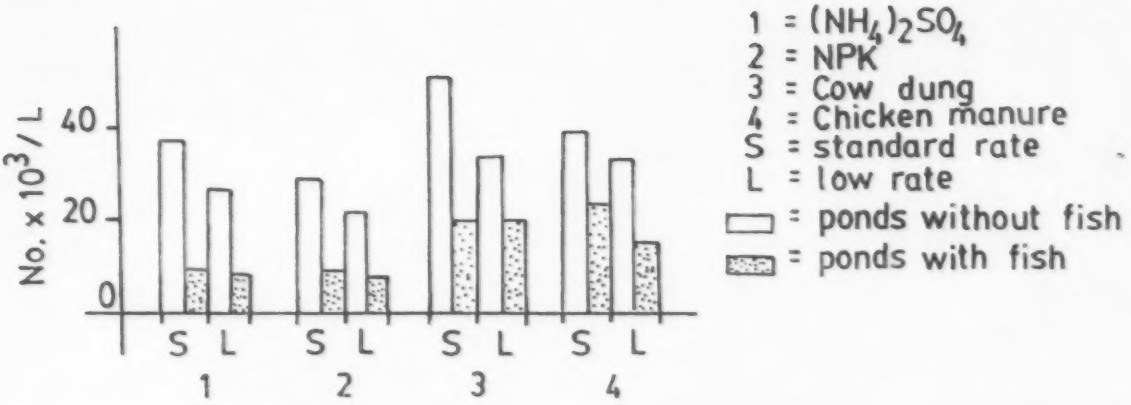


Fig. 12. Interaction of zooplankton abundance with fertilizer type, the level of application, and the presence of fish.

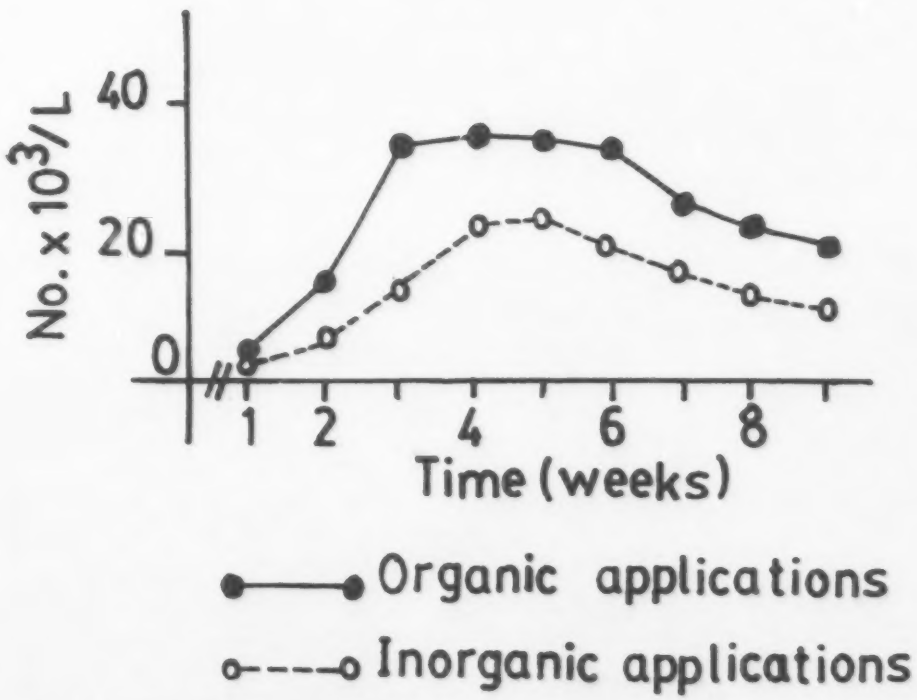


Fig. 13. Interaction of zooplankton abundance with inorganic and organic applications.

Species composition

Nutrient enrichment in all ponds was accompanied by either a reduction or a complete switch from the predominant blue-green Microcystis and Coelosphaerium present at the beginning of the experiments to green algae (Table 1). Differences observed in the relative abundance of dominant phytoplankton in the various treatment sets partly reflect the grazing ability of the fish. All ponds with fish, regardless of the fertilizer type or application rate, were characterized by a dominance of Botryococcus at the peak of production. Ammonium sulphate applications in ponds with fish were characterized by markedly lower abundances of Botryococcus than those resulting from corresponding NPK applications. Applications of organic fertilizers in the control ponds without fish at maximum production were also dominated by Botryococcus, except in the pond that received the standard application of chicken manure, in which Cosmarium was predominant. In addition, all ponds enriched with organic applications recorded the occurrence of Spirogyra, forming a mat-like covering over the pond. It recorded relative abundances of less than 20% with cow dung applications and between 30 and 35% with chicken manure applications.

For zooplankton, nutrient enrichment effected an increase in relative abundance values, especially crustacean copepoda and cladocera (Table 2). The presence of fish resulted in a decrease in the larger zooplankters (Diaphanosoma excisum, Thermocyclops decipiens, and Moina micrura) and an increase in the smaller zooplankters (Ceriodaphnia cornuta, Chydorus eurynotus, and Brachionus calyciflorus dorcas). Ephippial females of C. cornuta, recorded from both standard and low applications of ammonium sulphate in ponds without fish, did not appear in similarly enriched ponds with fish.

Fish production

Fish yield

Natural plankton production in the control pond (typical for all other ponds) produced a yield of 84.70 kg/ha at the end of the experimental period (Table 3). In general, fish yield values were higher for the standard fertilizer applications than for the inorganic applications. The standard application of cow dung resulted in the highest yield of 177.50 kg/ha, followed by the standard application of chicken manure, with a yield of 168 kg/ha. Yield values recorded for both standard and low chicken manure applications were marginal compared with other applications.

To serve as a further comparison of fish yield values obtained over and above natural fish production, control treatment ratios (CTRs) were derived for each treatment level. Ratios were ranked from 1 to 8, with rank 1 representing the highest yield and rank 8 the lowest yield (Table 3).

A comparison of mean values for GPHOT and phytoplankton abundance (as indices of primary production), and zooplankton abundance

Table 1. Relative abundance of the most abundant phytoplankton at peak production (dominant species recorded first).

Treatment	Relative abundance (%)
Control (nf)	*Microcystis*, 76; *Coelosphaerium*, 12; *Botryococcus*, 6
Control (wf)	*Microcystis*, 69; *Coelosphaerium*, 15; *Botryococcus*, 3
$(NH_4)_2SO_4$ (S, nf)	*Microcystis*, 41; *Botryococcus*, 30; *Pediastrum*, 14
$(NH_4)_2SO_4$ (S, wf)	*Botryococcus*, 49; *Pediastrum*, 8; *Cosmarium*, 5
$(NH_4)_2SO_4$ (L, nf)	*Microcystis*, 33; *Pediastrum*, 21; *Selenastrum*, 9
$(NH_4)_2SO_4$ (L, wf)	*Botryococcus*, 37; *Microcystis*, 18; *Pediastrum*, 11
NPK (S, nf)	*Microcystis*, 47; *Pediastrum*, 23; *Botryococcus*, 16
NPK (S, wf)	*Botryococcus*, 73; *Microcystis*, 20; *Scenedesmus*, 4
NPK (L, nf)	*Botryococcus*, 42; *Microcystis*, 30; *Merismopedia*, 15
NPK (L, wf)	*Botryococcus*, 61; *Microcystis*, 11; *Selenastrum*, 2
Cow dung (S, nf)	*Botryococcus*, 65; *Spirogyra*, 18; *Roya*, 4
Cow dung (S, wf)	*Botryococcus*, 59; *Spirogyra*, 16; *Roya*, 10
Cow dung (L, nf)	*Botryococcus*, 54; *Spirogyra*, 12; *Cosmarium*, 10
Cow dung (L, wf)	*Botryococcus*, 46; *Cosmarium*, 27; *Spirogyra*, 11
Chicken manure (S, nf)	*Cosmarium*, 40; *Spirogyra*, 35; *Botryococcus*, 24
Chicken manure (S, wf)	*Botryococcus*, 56; *Spirogyra*, 35; *Cosmarium*, 7
Chicken manure (L, nf)	*Botryococcus*, 51; *Spirogyra*, 30; *Pediastrum*, 9
Chicken manure (L, wf)	*Botryococcus*, 45; *Spirogyra*, 30; *Pediastrum*, 20

Abbreviations: S, standard application; L, low application; nf, no fish; and wf, with fish.

Table 2. Relative abundance of the most abundant zooplankton at peak production (dominant species recorded first).

Treatment	Relative abundance (%)
Control (nf)	Moina micrura, 28; Diaphanosoma excisum, 19; Keratella tropica, 0.3
Control (wf)	K. tropica, 40; Lecane bulla, 25; M. micrura, 15
$(NH_4)_2SO_4$ (S, nf)	Thermocyclops decipiens, 49; Mesocyclops aspericornis, 22; Ceriodaphnia cornuta,* 4
$(NH_4)_2SO_4$ (S, wf)	C. cornuta, 51; T. decipiens, 37; M. aspericornis, 6
$(NH_4)_2SO_4$ (L, nf)	T. decipiens, 40; C. cornuta,* 20; D. excisum, 20
$(NH_4)_2SO_4$ (L, wf)	Brachionus calyciflorus dorcas, 37; T. decipiens, 25; M. aspericornis, 15
NPK (S, nf)	B. calyciflorus dorcas, 40; D. excisum, 30; C. cornuta, 20
NPK (S, wf)	C. cornuta, 40; B. calyciflorus dorcas, 32; D. excisum, 20
NPK (L, nf)	D. excisum, 40; T. decipiens, 33; B. angularis, 28
NPK (L, wf)	T. decipiens, 30; D. excisum, 21; Chydorus eurynotus, 11
Cow dung (S, nf)	T. decipiens, 62; B. calyciflorus dorcas, 29; D. excisum, 5
Cow dung (S, wf)	B. calyciflorus dorcas, 42; T. decipiens, 28; D. excisum, 5
Cow dung (L, nf)	T. decipiens, 50; Chydorus eurynotus, 25; Asplanchna, 25
Cow dung (L, wf)	C. eurynotus, 41; B. calyciflorus dorcas, 25; T. decipiens, 20
Chicken manure (S, nf)	T. decipiens, 53; B. calyciflorus dorcas, 18; C. eurynotus, 5
Chicken manure (S, wf)	C. cornuta, 61; T. decipiens, 23; B. calyciflorus dorcas, 11
Chicken manure (L, nf)	M. aspericornis, 48; T. decipiens, 25; Thermodiaptomus yabensis, 3
Chicken manure (L, wf)	C. eurynotus, 45; T. decipiens, 20; M. aspericornis, 16

Abbreviations: S, standard application; L, low application; nf, no fish; and wf, with fish.
*Ephippial females recorded.

Table 3. Comparison of mean values of gross photosynthetic activity, plankton abundance, and fish yield for treatment levels against controls.

Treatment	Gross photosynthetic activity (mg/L)	Plankton abundance		Fish yield (kg/ha)	Control treatment ratio (CTR)	Ranked CTR
		Log of phytoplankton	Log of zooplankton			
Control (no fish, no fertilizer)	1.13	2.89	0.58	-	-	-
Control (fish)	0.98	2.83	0.50	84.70	-	-
$(NH_4)_2SO_4$ (S)	1.72	3.14	0.70	153.55	0.5516	5
$(NH_4)_2SO_4$ (L)	1.64	3.11	1.68	137.75	0.6149	7
NPK (S)	1.59	3.00	0.68	141.75	0.5975	6
NPK (L)	1.37	2.96	0.64	132.30	0.6402	8
Cow dung (S)	1.72	3.12	1.19	177.50	0.4772	1
Cow dung (L)	1.69	3.01	1.13	165.50	0.5118	3
Chicken manure (S)	2.02	3.11	0.99	168.00	0.5042	2
Chicken manure (L)	1.81	3.01	0.91	164.70	0.5143	4

Abbreviations: S, standard application; L, low application.

(as an index of secondary production) with observed field yield for all treatment levels and controls is presented in Table 3.

The derived regression for GPHOT and the log of phytoplankton numbers demonstrates a significantly close relationship ($r = 0.9194$, $P < 0.01$, 17 df) (Fig. 14). As the log of phytoplankton numbers increases, GPHOT increases in direct proportion. A positive correlation was similarly found between fish yield and GPHOT for derived regressions ($r = 0.9092$, $P < 0.01$, 7 df) (Fig. 15), suggesting that primary production at higher levels is more efficiently converted to fish flesh.

Economics

To determine the economics, the profit index and the incidence of cost per kilogram of fish produced were calculated using formulae proposed by Vincke (1969). An assumption was made that the cost of 1 kg of fish was known:

$$\text{Profit index} = \frac{\text{Value of fish crop at N8.00/kg}}{\text{Cost of fertilizer}}$$

$$\text{Incidence of cost} = \frac{\text{Cost of fertilizer}}{\text{Weight of fish produced (kg)}}$$

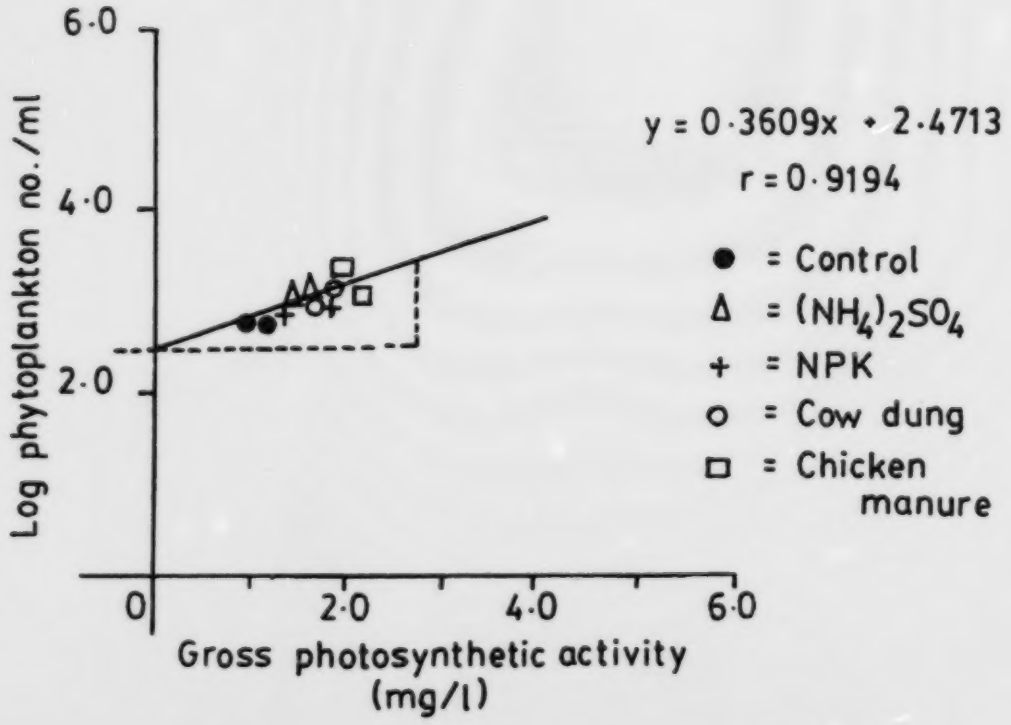


Fig. 14. Relationship between gross photosynthetic activity and the log of phytoplankton abundance.

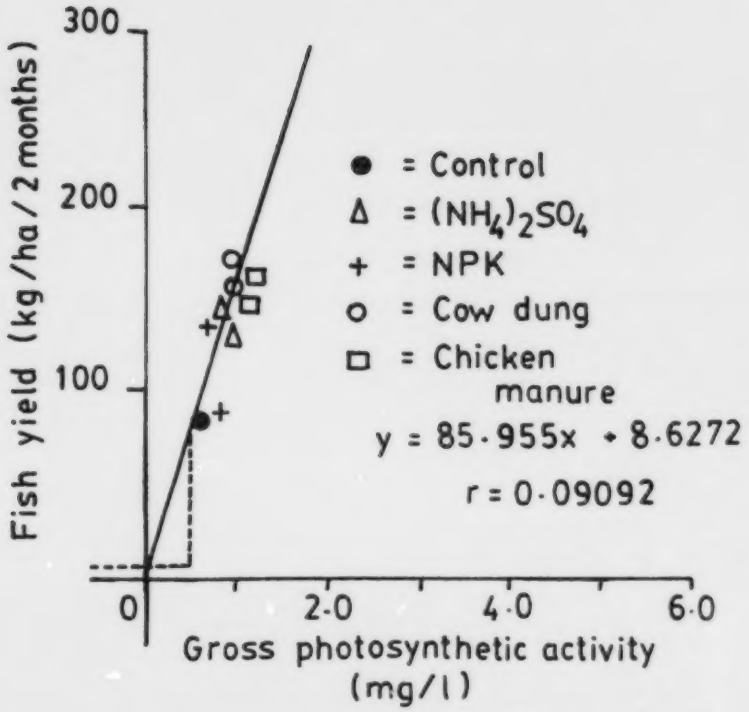


Fig. 15. Derived regression for gross photosynthetic activity and fish yield.

Low incidence of cost values indicate high economic value. Standard applications resulted in slightly higher incidence of cost than low applications because of the larger quantities of fertilizer utilized.

Profit indices were always lower for standard applications than for low applications (Table 4), except for chicken manure applications. Profit indices for ammonium sulphate were 36.36 for the standard application and 40.07 for the low application. These values suggest that the lower application is more profitable. However, further comparison proves otherwise as follows:

$(NH_4)_2SO_4$ (S) gives a yield of 153.55 kg/ha, earning N1228.40
$(NH_4)_2SO_4$ (L) gives a yield of 137.75 kg/ha, earning N1102.00

Difference: 15.80 kg/ha N126.40

The difference in the cash expended to produce the observed yield with the standard application is

N33.78 for $(NH_4)_2SO_4$ (S) - N27.50 for $(NH_4)_2SO_4$ (L) = N6.28

Table 4. Profit index and incidence of cost for different nutrient levels.

Treatment	Fish yield (kg/ha)	Incidence of cost	Cash equivalent of yield at N8/kg (N)	Cash expended to produce yield (N)	Profit index	
$(NH_4)_2SO_4$ (S)	153.55	11	1228.4	33.78	36.36	
$(NH_4)_2SO_4$ (L)	137.75	10	1102.0	27.50	40.07	
NPK (S)	141.75	25	1134.0	79.38	14.29	
NPK (L)	142.30	24	1058.4	63.50	16.67	
Cow dung (S)	177.50	10 (28)	1420.0	14.20* (50.00)	100.00	(23.67)
Cow dung (L)	165.50	10 (24)	1324.0	13.24* (50.00)	100.00	(26.48)
Chicken manure (S)	168.00	10 (30)	1344.0	13.44* (60.00)	100.00	(22.40)
Chicken manure (L)	164.70	10 (24)	1377.6	13.18* (50.00)	100.00	(26.35)

*Approximation: transportation fee or integrated animal husbandry and fish culture.
Note: Figures in parentheses are calculated assuming that the cost of transportation is N60.00 per lorry load of dung (or 0.5 tonne).
Abbreviations: S, standard application; L, low application.

Thus, an additional yield of 15.80 kg/ha is obtained by using the standard application over the low application, resulting in an earning of N126.40 for an extra cost of N6.28. For every N1.00 spent, a cash earning of N20.13 is obtained (Table 5).

Cash earnings for the organic applications approximate N100.00 per N1.00 spent when integrated animal husbandry and pisciculture is practiced. When the manures are transported to the farm, the cash earnings become drastically reduced, falling far short of the cash expended to produce the additional yield, thereby making such applications unprofitable (Table 5).

Discussion

The use of fertilizers to increase field yield has been well documented by various authors (Schaperclaus 1933; Swingle 1947; Hickling 1962; Boyd 1979; Fernando and Holcik 1982; Jana and Sarkas 1983).

The sharp decrease in pH observed immediately following the addition of ammonium sulphate has been documented by Huet (1972) and Brown and Gratzek (1980). Ammonium sulphate increases the acidity of water to which it is added because the phytoplankton and aquatic microphytes use up the ammonium component in their life processes. This creates a surplus of sulphate ions, which partially neutralize the existing alkalinity in the water body, as was demonstrated by the pH versus time interaction illustrated in Figure 2. As a result of increasing additions of excretory wastes from the fish going into the water, the pH tended towards increasing alkalinity. Zooplankton has been found to respond more rapidly to subtle environmental and ecological changes than fishes (Gannon and Stemberger 1978). This was confirmed in this study by the occurrence of ephippial females of the cladocera C. cornuta in the ponds without fish to which ammonium sulphate was added. The occurrence of ephippial female cladocerans is indicative of stressful conditions in the ponds. Male and ephippial female cladocera are rarely encountered in tropical plankton assemblages (Fernando 1980; Frey 1982). Their occurrence is triggered by a variety of ecological conditions, including rapid and wide temperature fluctuations, inadequate food supplies, crowding within the population (Smirnov 1978), and, in this study, perhaps the rapid decrease in pH. Such conditions, although regarded as stressful for cladocera, may not necessarily be stressful for fish.

Gross photosynthetic production provides a reliable estimate of primary production and is always greater in fertilized ponds than in unfertilized ponds (Boyd 1979), as confirmed in this study. Production was higher in ponds enriched with organic manures, which provided a ready mass of organic matter in which the biochemical activity of the microbiota was accelerated by the high water temperatures characteristic of tropical ponds (Hickling 1962).

Table 5. Cash earning resulting from the use of standard applications over low applications.

Treatment	Additional yield (kg/ha)	Gain (N)	Cash expended to produce additional yield (N)	Cash earning per extra N1.00 expended (N)
$(NH_4)_2SO_4$	15.80	126.4	6.28	20.13
NPK	9.45	75.6	15.88	4.76
Cow dung	12.00	96.0	0.96* (10.00)	100.00* (9.60)
Chicken manure	3.3	26.4	0.26* (10.00)	100.00* (2.64)

*Values when integrated animal husbandry is practiced with fish culture.
Note: Figures in parentheses represent values when the transportation cost of manures is used in the computation.

Fertilization of ponds is undertaken primarily to provide nutrients that are transferred through the trophic levels to increase populations of natural food organisms. A fertilizer that has the ability to steadily increase the abundance of natural food organisms and maintain their numbers near the maximum values attained is beneficial in tilapia culture as most are planktonivorous, the juvenile fish feeding entirely on microorganisms (Balarin and Hatton 1979). Ammonium sulphate and cow dung (type 1 fertilizers) demonstrate these qualities. The more readily available NPK and commonly used chicken manure effected very rapid responses in phytoplankton abundance, accompanied by an equally rapid decline in numbers.

Nutrient enrichment effected a switch in phytoplankton composition from predominantly blue-green algae to predominantly green algae in all ponds. This is a highly desirable condition because blue-green algae, such as Microcystis, synthesizes geosmin (a compound with an earthy-muddy flavour and odour), which is excreted into the water. This is absorbed into the flesh of fish when present, giving them an off-flavour. This is responsible for the occurrence of off-flavour in fish from certain ponds and not from others. Chicken manure stimulated greater development of the macrophytic Spirogyra (Table 1). It is responsible for dissolved oxygen depletion as a result of covering the entire pond surface, thereby limiting light penetration and competing with other species of phytoplankton for nutrients and light. Although the amount of coverage by macrophytes, which significantly interferes with fish production in ponds, is unknown, Boyd (1973) suggested that more than 20% coverage may sometimes be harmful.

The ranked CTRs provide information on the increase in fish crop over and above natural production. The standard cow dung application recorded the highest yield of 177.50 kg/ha, followed by the standard chicken manure application, with a yield of 168 kg/ha. The cow dung application and standard and low applications of chicken manure produced yields ranging between 164.70 and 168 kg/ha, suggesting that all three applications appear equivalent in terms of fish yield (Table 3).

This study demonstrates that the use of profit indices in isolation is unreliable. A cursory observation of Table 4 gives the erroneous impression that the use of lower applications is more profitable. Further comparison of cash earning, resulting from the use of standard applications over low applications, demonstrates otherwise (Table 5). Additional yield produced for the standard application over and above the low application was highest for ammonium sulphate, followed by cow dung. Therefore, profit indices need to be compared with additional yield produced over the lower fertilizer application (or other fertilizer application), the cash expended to produce the additional yield, and the cash earning per extra N1.00 expended. Consequently, organic applications appear to be the most beneficial, with the standard cow dung application being the most productive. Hickling (1962) demonstrated that fish

production in fertilized ponds did not increase in direct proportion to increased fertilizer additions, and that above a certain level, increasing fertilizer rates did not increase yields substantially further. This was true for the chicken manure applications, where the low application produced a decrease in yield of 3.3 kg/ha from the standard application. In addition, standard and low applications of chicken manure and the low application of cow dung appear to be equivalent in terms of fish yield. It must be emphasized that organic manures need to be carefully applied to fish ponds as they are well known for causing oxygen depletion of the water (Hickling 1962; Boyd 1979), particularly with respect to fresh manures. However, removal of moisture by drying before using manures safeguarded against fouling of the water.

This study further demonstrates that the standard application of ammonium sulphate compares favourably as an alternative to organic applications when transportation costs for organic manures result in a deficit cash earning. Its ability to increase primary production gradually, thereby classifying it as a type 1 fertilizer, has been discussed. Ponds receiving ammonium sulphate applications need to be closely monitored because of the resultant increased acidity, which, although detected by the zooplankter C. cornita, produced no visible effect on fish. The more readily available NPK fertilizer in Nigeria is the least beneficial and most uneconomic of the four fertilizers employed in this study for the culture of S. galilaeus.

Acknowledgments

I am indebted to Jeanette O'Hara-Hines of the Department of Statistics, and the Computer Consultancy, of the University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada, for assistance with statistical and computer analyses of data. I am also grateful to Professor C.H. Fernando, University of Waterloo, for providing laboratory, literature, and computer facilities for data analyses during a research visit.

References

Balarin, J.D., Hatton, J.P. 1979. Tilapia - a guide to their biology and culture in Africa. University of Stirling, Scotland. 174 pp.

Boyd, C.E. 1973. Summer algal communities and primary productivity in fish ponds. Hydrobiologia, 41, 357-390.

Boyd, C.E. 1979. Water quality in warm water fish ponds. Auburn University Agricultural Experimental Station, Auburn, AL, USA. 353 pp.

Brown, E.E., Gratzek, J.B. 1980. Fish farming handbook. Avi Publishing Co., Westport, CT, USA. 391 pp.

Chakroff, M. 1978. Freshwater fish pond culture and management. Volunteers in Technical Assistance (VITA), Mount Rainier, MD, USA. 100 pp.

Dada, B.F. 1975. Present status and prospects for aquaculture in Nigeria. Symposium on Aquaculture in Africa, Accra, Ghana. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)/Committee on Inland Fisheries of Africa (CIFA), Technical Paper No. 4 (Supplement 1).

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1985. Review of the state of the world fishery resources. FAO Fisheries Circular No. 710, Review 4. 61 pp.

Federer, W.T. 1955. Experimental design: theory and application. The Macmillan Co., New York, NY, USA. 544 pp.

Fernando, C.H. 1980. The freshwater zooplankton of Sri Lanka, with a discussion of tropical freshwater zooplankton composition. Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie, 65, 85-125.

Fernando, C.H., Holcik, J. 1982. The nature of fish communities: a factor influencing the fishery potential and yields of tropical lakes and reservoirs. Hydrobiologia, 97, 127-140.

Frey, D.G. 1982. Contrasting strategies of gamogenesis in northern and southern populations of cladocera. Ecology, 63, 223-241.

Gannon, J.E., Stemberger, R.S. 1978. Zooplankton (especially crustaceans and rotifers) as indicators of water quality. Transactions of the American Microscopical Society, 97, 16-35.

George, T.T. 1975. Observations of the growth of Tilapia nilotica in tropical freshwater fish ponds treated with different fertilizers. Symposium on Aquaculture in Africa, Accra, Ghana. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)/Committee on Inland Fisheries of Africa (CIFA), Technical Paper No. 4 (Supplement 1), 625-641.

Hall, D.J., Cooper, W.E., Werner, E.E. 1970. An experimental approach to the production dynamics and structure of freshwater animal communities. Limnology and Oceanography, 15, 839-928.

Hey, D. 1971. Practical freshwater fish culture. Department of Nature Conservation. The Cape of Good Hope, 22-24.

Hickling, C.F. 1962. Fish culture. Faber & Faber, London, England. 295 pp.

Hrbacek, J. 1966. On some quantitative relationships between nitrogen and phosphorus compounds in water and seston. Proceedings of the 1BP Technical Meeting on Chemical Environment, Amsterdam, Netherlands, 106-114.

Huet, M. 1972. Textbook of fish culture. Breeding and cultivation of fish. Translated by H. Kahn. Fishing News (Books) Ltd., Farnham, Surrey, England. 436 pp.

Jana, B.B., De, U.K. 1983. Primary productivity, environmental covariates and fish growth in West Bengal ponds under a polyculture system. Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie, 68, 45-58.

Jana, B.B., Sarkas, S. 1983. Evaluation of rock phosphate as a direct application fertilizer in aquaculture. Bamidgeh, 35(4), 109-119.

Janusko, M. 1974. The effect of three species of phytophagous fish on algal development. Polskie Archiwum Hydrobiologii, 21, 431-454.

Kavalec, J. 1975. Effect of fertilization and food on the pond production of tilapia in Zambia. Symposium on Aquaculture in Africa, Accra, Ghana. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)/Committee on Inland Fisheries of Africa (CIFA), Technical Paper No. 4 (Supplement 1), 642-657.

Maar, A., Mortimer, M.A.E., Van der Lingen, M.I. 1966. Fish culture in central East Africa. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Publication No. 53608-66E. 158 pp.

Mackereth, F.J.H. 1967. Some methods of water analysis for limnologists. Sci. Publ. Freshwater Biol. Assoc., United Kingdom, 21, 1-73.

Miller, J.W. 1975. Fertilizer and feeding practices in warm-water pond fish culture in Africa. Symposium on Aquaculture in Africa, Accra, Ghana. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)/Committee on Inland Fisheries of Africa (CIFA), Technical Paper No. 4 (Supplement 1), 512-540.

Milstein, A., Hepher, B., Teltsch, B. 1985. Principal component analysis of interactions between fish species and the ecological conditions in fish ponds. 1. Phytoplankton. Aquaculture and Fish Management, 16, 305-317.

Nauwerck, A. 1963. Die beziehungen swischen zooplankton und phytoplankton im see Erken. Symbolae Botanicae Upsalienses, 17, 1-163.

O'Brien, W.J., de Noyelles, F., Jr. 1974. Relationship between nutrient concentration, phytoplankton density and zooplankton density in nutrient enriched experimental ponds. Hydrobiologia, 44(1), 105-125.

Schaperclaus, W. 1933. Lehrbuch der. Teichwirtschaft Paul Parey, Berlin. 289 pp.

Spataru, P., Wohlfarth, G.W., Hulata, G. 1983. Studies on the natural food of different fish species in intensively manured polyculture ponds. Aquaculture, 35, 283-298.

Swingle, H.S. 1947. Improvement of fishing in old ponds. Transactions of the North American Wildlife Conference, 10, 299-308.

Tudorancea, C., Fernando, C.H., Paggi, J.C. 1988. Food and feeding ecology of Oreochromis niloticus (Linnaeus 1758) juveniles in Lake Awassa (Ethiopia). Archiv fuer Hydrobiologie, 79(2-3), 267-289.

Vincke, M. 1969. Compte rendu des activités pour l'année 1969. Centre technique forestier tropical (CTFT), Division de recherches piscicoles, Tananarive, Madagascar.

Vollenweider, R.A. 1969. A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments. IBP Handbook No. 12. Blackwell Scientific Publishers, Oxford, England. 213 pp.

COMPARAISON DE LA TOLÉRANCE AU MILIEU LAGUNAIRE SAUMÂTRE DE DIFFÉRENTES ESPÈCES ET HYBRIDES D'*OREOCHROMIS* POUR LEUR UTILISATION EN AQUACULTURE (LAGUNE ÉBRIÉ, CÔTE D'IVOIRE)

T. Doudet
Centre technique forestier tropical, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), Abidjan, Côte d'Ivoire

Résumé *Depuis une dizaine d'années, la Côte d'Ivoire a entrepris de développer l'aquaculture lagunaire pour mettre en valeur les grandes lagunes dont elle dispose. Les espèces dont l'élevage est vulgarisé sont un Bagridae, Chrysichthys nigrodigitatus, et un Cichlidae, Oreochromis niloticus. La première espèce est produite en lagune d'eau saumâtre et la seconde en lagune d'eau douce. Pour ces deux espèces, la production s'avère particulièrement rentable et les prix de revient offrent des prix de vente compétitifs sur les marchés.*

Les tilapias sont, de très loin, les poissons pour lesquels les débouchés commerciaux sont les plus importants. Cependant, le développement de la production s'est, jusqu'à présent, trouvé limité par l'absence d'espèces performantes en eau saumâtre, les eaux douces favorables à l'élevage d'O. niloticus ne couvrant qu'une toute petite superficie du réseau lagunaire. Pour tenter de sélectionner un tilapia présentant une bonne survie et une croissance rapide en milieu saumâtre, un programme d'expérimentation sur différentes espèces et hybrides d'Oreochromis a été mis en place. Les espèces et les hybrides testés sont O. aureus, O. mossambicus, O. urolepis hornorum, O. niloticus x O. aureus, O. mossambicus x O. niloticus, O. niloticus x O. u. hornorum, et O. mossambicus x O. u. hornorum. Les essais ont été réalisés en eau de lagune jusqu'à une salinité de 15 ‰, qui correspond à la salinité maximale enregistrée dans les zones lagunaires propices à l'aquaculture. Ils ont permis de sélectionner une espèce, O. aureus, et deux hybrides, O. niloticus x O. aureus et O. mossambicus x O. niloticus, dont les survies sont significativement supérieures à celles des autres poissons testés. La comparaison des performances et des avantages respectifs de ces trois poissons montre qu'O. aureus constitue actuellement le meilleur choix pour l'élevage en eau saumâtre.

Abstract *Over the past decade, Côte d'Ivoire has attempted to develop lagoon aquaculture, to take full advantage of the large lagoons available. Culture of two species has been promoted, a*

Bagridae, Chrisichthys nigrodigitatus, and a Cichlidae, Oreochromis niloticus. The first is produced in brackish water lagoons and the second in fresh water lagoons. Production has proved to be particularly profitable for these two species, and production costs permit competitive market prices.

Tilapias are by far the most commercially successful fish. However, production development has, to date, been limited by the absence of species that perform well in brackish water, since only a small proportion of the lagoon network consists of the fresh water favourable to the rearing of O. niloticus. In an attempt to select a Tilapia with good survival and rapid growth in brackish water, an experimental program involving various Oreochromis species and hybrids was implemented. The species and hybrids tested are O. aureus, O. massambicus, O. urolepis hornorum, O. niloticus x O. aureus, O. mossambicus x O. niloticus, O. niloticus x O. u. hornorum, and O. mossambicus x O. u. hornorum. The trials were carried out in lagoon water with a salinity of up to 15‰, which corresponds to the maximum salinity recorded in lagoon areas suitable for aquaculture. They indicated one species, O. aureus, and two hybrids, O. niloticus x O. aureus and O. mossambicus x O. niloticus, with survival rates significantly higher than those of other fish tested. Comparison of the respective performances and advantages of these three groups shows that O. aureus is the best choice for rearing in brackish water.

Introduction

La production totale des captures par la pêche artisanale dans les lagunes ivoiriennes est passée de 20 000 t en 1975 à 12 000 t en 1986. Pour la seule lagune Ébrié, qui approvisionne l'agglomération abidjanaise, la régression a été sensiblement du même ordre : de 9 500 t en 1975, la pêche lagunaire a chuté aux environs de 5 000 t en 1986.

Compte tenu de l'importance de l'effort de pêche par rapport aux stocks existants, il est très probable que cette tendance générale à la baisse se maintiendra dans l'avenir.

Pour combler ce déficit croissant, maintenir le tissu économique et social sur le pourtour lagunaire et valoriser les 1 500 km^2 de lagune dont elle dispose, la Côte d'Ivoire cherche à favoriser depuis quelques années le développement de l'aquaculture.

Pour démarrer cette activité initialement inexistante en milieu lagunaire, sauf à l'échelon expérimental sur Chrysichthys sp. et Tilapia sp. (Dia 1975; Magnet et Kouassi 1978, 1979; Magnet 1980; Hem 1982; Legendre 1983), le ministère de la Production animale de la République de Côte d'Ivoire a mis en oeuvre, en 1982, un Projet pilote de développement de l'aquaculture lagunaire. Cette phase pilote, préalable à une action de développement de grande envergure, avait pour objectifs l'évaluation précise des

paramètres techniques et économiques de chaque type d'élevage proposé, l'identification des points de blocage et, par conséquent, la suggestion de nouveaux programmes de recherches sur les aspects d'ordre biologique ou zootechnique. Pour parvenir à cet objectif, le Projet pilote de développement de l'aquaculture lagunaire, limité dans un premier temps à la lagune Ébrié et à ses diverticules Aghien et Potou (Fig. 1), a assumé la promotion d'une quinzaine d'opérations privées en les encadrant depuis la conception de l'exploitation jusqu'à la commercialisation des produits.

Les espèces dont l'élevage est actuellement vulgarisé sont un Bagridae d'origine lagunaire, Chrysichthys nigrodigitatus, et le Cichlidae Oreochromis niloticus. La première espèce est élevée en enclos en eau saumâtre et la seconde est produite en cages flottantes dans une petite lagune d'eau douce, la lagune Aghien. La production est de nature intensive dans les deux cas.

Ces espèces sont les plus prisées parmi les poissons de pêche artisanale lagunaire ou continentale vendus sur les marchés de la basse Côte d'Ivoire et, en particulier, ceux d'Abidjan. Le Tableau 1, établi d'après une enquête comportant 50 000 observations et réalisée en 1983 sur les marchés d'Abidjan, montre que le prix au détail de ces espèces se situe très au-delà de la moyenne des prix du poisson vendu en frais (Anon. 1987a). En 1987, pour une production globale de 160 t, dont 130 t de Chrysichthys et 30 t de tilapias, les prix de revient obtenus par les aquaculteurs étaient compris entre 750 et 850 F CFA/kg pour le Chrysichthys, et entre 500 et 550 F CFA/kg pour le tilapia, les poissons étant

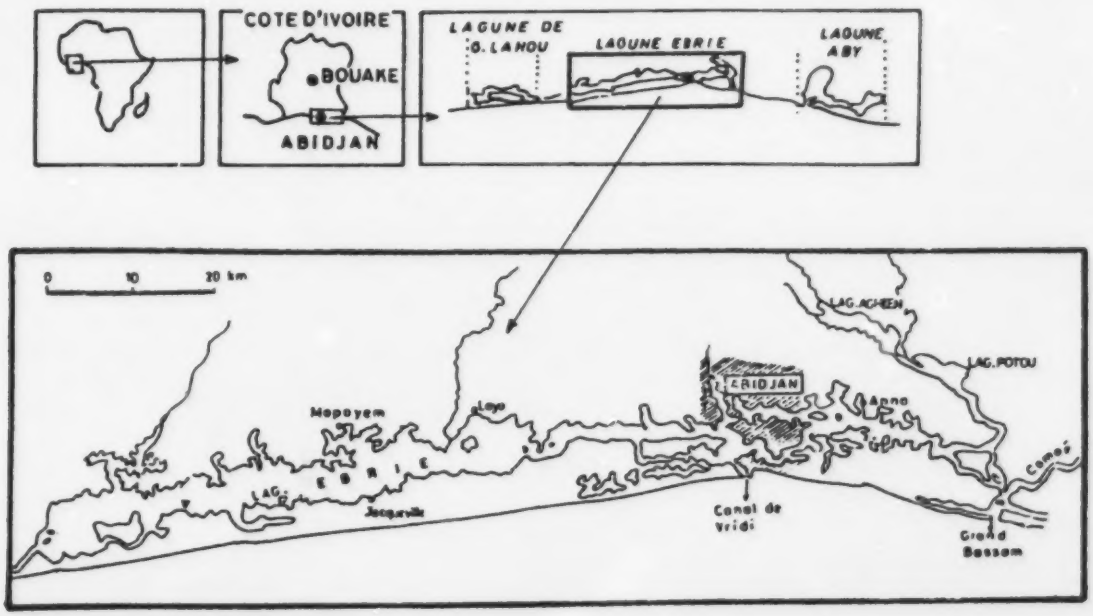


Fig. 1. Situation géographique de la lagune Ébrié et de ses diverticules Aghien et Potou.

Tableau 1. Prix du poisson commercialisé sur les marchés d'Abidjan en 1983 (F CFA/kg).

Catégorie	Prix de gros	Prix au détail
Poisson de mer congelé importé	-	400
Poisson de mer local	-	500
Poisson de lagune ou d'origine continentale (toutes espèces confondues)	-	700
Cichlidae de lagune ou O. niloticus de pêche continentale	715 à 735	830 à 945
Chrysichthys sp.	1 020	1 085

commercialisés à un poids moyen compris entre 300 et 350 g. Ces prix permettent aux produits d'aquaculture d'être compétitifs face aux mêmes produits d'origine halieutique, tout en dégageant une marge correcte pour les exploitations. Le prix de vente en gros du tilapia d'aquaculture, qui est de 665 F CFA/kg, mâles et femelles confondus, se situe toutefois un peu en-dessous du prix du marché. Cela est dû à la concurrence des O. niloticus pêchés dans les lacs de barrage, qui sont beaucoup plus gros (500 g en moyenne) et représentent plus d'un tiers du tonnage des tilapias commercialisés sur Abidjan.

Bien que l'aquaculture du C. nigrodigitatus ne pose pas de problème zootechnique ou pathologique majeur (Anon. 1987b), son développement est limité par le prix de vente relativement élevé de ce poisson, qui restreint les possibilités de commercialisation sur le marché local. Un fort accroissement de cette activité nécessiterait d'abaisser sensiblement les coûts de production ou de trouver des marchés à l'exportation.

En comparaison, les perspectives de développement de l'aquaculture des tilapias paraissent plus importantes, même si les marges bénéficiaires réalisées en produisant du tilapia ne sont pas aussi élevées que pour le Chrysichthys. Le marché local offre, en effet, beaucoup plus de débouchés pour ces poissons qui sont unanimement appréciés et dont le prix de vente se situe à mi-chemin entre celui des espèces nobles (comme le Chrysichthys) et celui du poisson de mer. Déjà en 1987, une enquête, réalisée par le Projet pilote de développement de l'aquaculture lagunaire, évaluait pour Abidjan la consommation annuelle de tilapias à 1 750 t et celle des Chrysichthys à 570 t.

Mais le développement de l'aquaculture lagunaire des tilapias s'est jusqu'à présent trouvé limité par l'absence d'espèces

performantes en eau saumâtre, les eaux douces favorables à l'élevage d'O. niloticus ne couvrant qu'une toute petite superficie du réseau lagunaire.

Les premières tentatives d'élevage intensif de tilapias en eau saumâtre ont été réalisées avec les espèces lagunaires Sarotherodon melanotheron et Tilapia guineensis, soit avec la souche d'O. niloticus ordinairement employée en pisciculture continentale en Côte d'Ivoire.

Sur la Station de Layo, à une salinité maximale de 8 ‰ (Fig. 2), Legendre (1986) a testé la croissance sur 10 mois de chacune des deux espèces lagunaires en élevages mixte et monosexe, dans des cages-enclos de 4 m^3, alevinées à des densités de 20 à 150 poissons/m^3. Les poissons, d'un poids moyen de 10 g en début de l'essai, étaient nourris avec un aliment granulé à 31 % de protéines. Les résultats montrent que la densité n'a pas d'influence sur la croissance mais que le taux de mortalité est plus élevé à la densité de 150 poissons/m^3. La croissance des S. melanotheron est de 0,49 g/jour pour les mâles et de 0,41 g/jour pour les femelles en élevage monosexe. Dans les mêmes conditions, la croissance des mâles de T. guineensis est de 0,41 g/jour et celle des femelles de 0,30 g/jour. En élevage mixte, la croissance des mâles de S. melanotheron devient inférieure à celle des femelles,

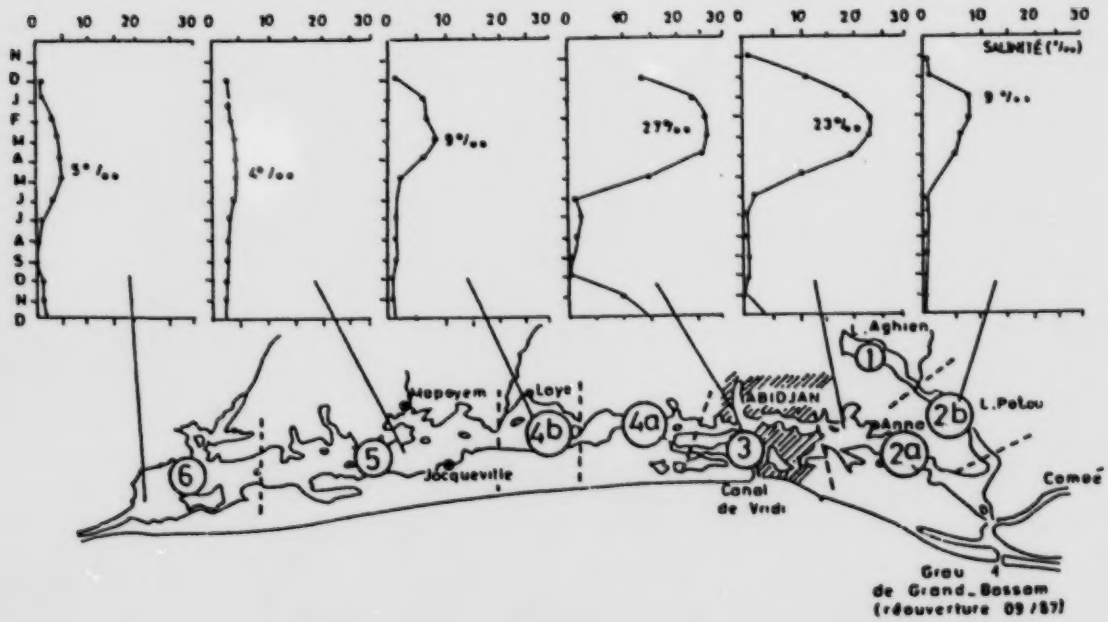


Fig. 2. Délimitation de la lagune Ébrié en secteurs et sous-secteurs suivant leur caractère plus ou moins estuarien ou continental; variations annuelles de salinité sur quelques stations représentatives (d'après Durand et Chantraine 1982).

ce que l'auteur attribue à l'activité incubatrice des mâles. Pour l'élevage, Legendre (1986) recommande préférentiellement S. melanotheron, dont les potentialités sont plus fortes. Toutefois, les essais en vraie grandeur faits par le Projet pilote de développement de l'aquaculture lagunaire ont montré que l'élevage intensif des S. melanotheron ne pouvait être rentabilisé en raison de la durée du cycle de production et de la petite taille des poissons en fin d'élevage, qui ne permet pas un prix de vente rémunérateur.

O. niloticus est une espèce bien connue en pisciculture pour ses nombreux avantages, dont une croissance rapide, une capacité à valoriser des aliments de nature très diverse, une reproduction aisée, et une bonne rusticité. Ces qualités et un approvisionnement facile en alevins auprès des centres d'alevinage ont conduit à démarrer, dès 1977, des essais d'élevage en lagune (Magnet et Kouassi 1978, 1979; Magnet 1980). Ces essais, réalisés à Mopoyem (Fig. 1) en cages flottantes de 20 m^3, alevinées avec 100 poissons/m^3, ont permis d'obtenir en élevage mixte des croissances de l'ordre de 0,7-0,9 g/jour avec un aliment à 20 % de protéines, présenté sous forme pulvérulente dans des mangeoires. Mais ils ont surtout mis en évidence la très grande fragilité d'O. niloticus (ou au moins de la souche utilisée) élevé en eau saumâtre, même lorsque la salinité du milieu ne dépasse pas 5 ‰. Magnet et Kouassi (1979) observent des taux de mortalité compris entre 20 et 70 %, les poissons présentant extérieurement des signes de septicémie hémorragique et des lésions sur le corps et à la base des nageoires. Les nombreux examens bactériologiques pratiqués après prélèvement sur les lésions ont permis d'isoler à chaque fois une bactérie gram négatif : Aeromonas hydrophila (Magnet 1980).

Les résultats peu encourageants obtenus sur les espèces lagunaires et sur O. niloticus ne pouvant conduire à une vulgarisation de leur élevage, un programme de recherches a démarré en décembre 1985 pour tenter, en testant différentes espèces et différents hybrides d'Oreochromis, de sélectionner un tilapia fiable et performant pour l'élevage intensif en eau saumâtre. Ce programme, dont nous présentons ici les premiers résultats, fait intervenir le Projet pilote de développement de l'aquaculture lagunaire et la Station de Bouaké du Centre piscicole de l'IDESSA.

Cette recherche a pris une importance encore plus grande aujourd'hui avec la modification récente de la qualité des eaux de la lagune Aghien suite à la réouverture artificielle, en semptembre 1987, d'un ancien grau situé près de Grand Bassam (Fig. 2). L'augmentation de salinité qui en a résulté fait peser une grave menace sur les exploitations qui produisent de l'O. niloticus.

Présentation du milieu lagunaire Ébrié

Sur la base de critères morphologiques et hydrologiques, et compte tenu des caractéristiques physicochimiques des eaux, en particulier la salinité, on a pu établir (Fig. 2) une zonation de

la lagune Ébrié en six secteurs (Durand et Chantraine 1982). Cette situation est celle qui prévalait avant la réouverture du grau de Grand Bassam.

Le secteur 3, centré autour d'Abidjan et du canal de Vridi (par où se font quasiment tous les apports d'eau de mer en lagune Ébrié), est soumis en permanence à l'influence des marées et saisonnièrement à celles des crues de la Comoë, un des principaux fleuves de Côte d'Ivoire, qui prend sa source au Burkina Faso. Les crues de la Comoë représentent en année moyenne les deux-tiers des apports d'eau douce en lagune.

Les secteurs 2 et 4, situés de part et d'autre du secteur 3, sont également de type estuarien, mais l'influence marine y est moins forte. Le secteur 2 présente une instabilité saisonnière plus marquée car c'est le lieu de passage obligé des crues de la Comoë. La partie est du secteur 2 et la partie ouest du secteur 4 peuvent être considérées comme des sous-secteurs, car on n'y observe pas de gradient vertical de salinité.

Les trois autres secteurs sont beaucoup plus stables. Les secteurs 5 et 6 sont d'oligohalins à mésohalins. Les apports d'eau douce y sont très réduits (rivières côtières) et l'influence marine très amortie. Le secteur 1, constitué par la lagune Aghien, pouvait être considéré comme continental, l'eau y étant totalement douce toute l'année, même en profondeur.

La réouverture artificielle du grau de Grand Bassam, exutoire naturel de la Comoë avant le creusement du canal de Vridi il y a une trentaine d'années, va apporter des modifications sensibles dans la partie est de la lagune Ébrié. Celles-ci ont été perceptibles dès février 1988 en lagune Aghien, où la salinité est montée à 7 ‰. L'ouverture du grau a été réalisée pour tenter d'évacuer les végétaux flottants (Pistia stratiotes, Eichornia crassipes, et Salvinia molesta) (Guiral et N'Dah, à paraître), qui sont charriés par la Comoë au moment des crues du mois de septembre et qui envahissent la lagune à l'Est d'Abidjan, pour ne disparaître qu'en février avec la remontée de la salinité. Cette biomasse considérable gêne la navigation et la pêche, et pose des problèmes aux exploitations aquacoles par les contraintes mécaniques qu'elle exerce sur les enclos et par la désoxygénation des eaux qu'elle peut induire, en particulier dans les baies. Pour l'instant, cette ouverture n'est que provisoire en attendant d'en mesurer l'impact.

Pour l'installation d'exploitations aquacoles, le secteur 3 est absolument à éviter, compte tenu des pollutions domestiques et industrielles induites par l'agglomération abidjanaise. En l'absence d'un suivi de la qualité de l'eau, la partie ouest du secteur 4a, à proximité d'Abidjan, est également déconseillée. Le sous-secteur 2a ne convient pas non plus, étant donné les variations saisonnières de salinité qui sont relativement importantes, la forte turbidité de l'eau, et la présence de végétaux en période de crues. Toutes les autres zones lagunaires sont propices à

l'aquaculture, mis à part quelques sites à proximité de bananeraies industrielles (épandage de pesticides) et la rive sud du secteur 6 encore très enclavée. On constate que ce sont aussi les zones les plus dessalées et, pour cette raison, tous nos essais en lagune ont été réalisés à des salinités inférieures à 15 ‰.

Espèces et hybrides

Sauf S. melanotheron et T. guineensis, qui sont décrites comme des espèces estuariennes types (Daget et Iltis 1965; Pauly 1976; Philippart et Ruwet 1982; Albaret 1987), les autres espèces citées pour leur plus ou moins grande résistance à la salinité n'ont pas cette spécificité. Présentes en eau douce, avec souvent des aires de distribution naturelle très vastes en Afrique, on les retrouve occasionnellement dans certains milieux salés. C'est le cas de Tilapia zillii, de Sarotherodon galileus, d'Oreochromis aureus et d'O. niloticus, dans le Delta du Nil (Payne et Collinson 1983), ou de T. zillii dans la Baie de Suez (Bayoumi 1969). Payne et Collinson (1983) démontrent que, dans le Delta du Nil, ces espèces se répartissent géographiquement, suivant un gradient de salinité, O. niloticus étant la première à disparaître dès que la salinité dépasse 5 à 7 ‰. O. aureus, bien que confinée au Delta, est moins tolérante que S. galileus ou T. zillii, cette dernière espèce restant la seule présente lorsque la salinité du milieu avoisine celle de l'eau de mer. En fonction de leurs observations, ces deux auteurs estiment que le maximum de salinité tolérable en milieu naturel se situe entre 15 et 20 ‰ pour S. galileus, entre 10 et 15 ‰ pour O. aureus, et entre 5 et 10 ‰ pour O. niloticus.

L'espèce O. mossambicus est donnée comme euryhaline par Philippart et Ruwet (1982). Pour Whitfield et Blaber (1979), O. mossambicus s'adapte aussi bien à l'eau douce qu'à des milieux où la salinité peut être très élevée (jusqu'à 120 ‰) dans la mesure où son acclimatation se fait progressivement. D'après ces deux auteurs, cette espèce est naturellement absente des estuaires ouverts en permanence sur la mer, en raison des brusques variations de salinité dues aux marées. À la suite de son introduction volontaire en eau douce dans de nombreux pays hors de son continent d'origine, la présence accidentelle d'O. mossambicus dans des milieux saumâtres et marins a été signalée (Glucksman et al. 1976; Lobel 1980).

Espèce proche d'O. mossambicus, Oreochromis urolepis et, particulièrement, la sous-espèce O. u. hornorum ou tilapia de Zanzibar, est également citée pour sa tolérance à la salinité (Bardach et al. 1972; Payne 1983). Toutefois, d'après Payne (1983), la tolérance à la salinité d'O. u. hornorum dans son milieu d'origine n'a pas été clairement évaluée. Cette espèce a surtout été utilisée en hybridation avec O. mossambicus et O. niloticus pour produire des descendances monosexes mâles (Wohlfarth et al. 1983).

Des essais d'élevage en eau salée ont été réalisés, en particulier sur T. zillii, O. mossambicus, O. aureus, et O. niloticus. Certains des résultats obtenus sont repris dans le Tableau 2. Les informations trouvées dans la littérature paraissent parfois contradictoires. Par exemple, Morissens (1986) ne recommande pas l'utilisation d'O. niloticus pour l'aquaculture en enclos en eau saumâtre, mais Fortes (1986) signale que l'élevage de cette espèce, et celui d'O. mossambicus, est pratiqué en étangs aux Philippines à des salinités comprises entre 13 et 50 ‰. Toutefois, la souche d'O. niloticus utilisée aux Philippines présenterait une forte introgression d'O. mossambicus (Macaranas et al. 1986) et les conditions d'élevage très différentes mentionnées par les auteurs peuvent aussi expliquer des divergences dans les résultats. Si l'élevage de T. zillii semble possible à la salinité de l'eau de mer, d'après Stickney (1986), cette espèce offre peu d'intérêt, compte tenu de sa croissance médiocre. Espèce très tolérante, O. mossambicus a l'inconvénient de se reproduire très jeune, et sa coloration très foncée la rend parfois difficilement commercialisable (Liao et Chang 1983). Les essais réalisés en Israël montrent qu'O. aureus conserve une très bonne croissance en eau salée mais avec un taux de mortalité plus élevé qu'en eau douce. Toutefois, ces essais ont été effectués à des salinités relativement fortes (Tableau 2).

Concernant S. galileus, qui montre une bonne croissance en lacs et une bonne tolérance à la salinité (Payne et Collinson 1983), Sarig (1955) considère que cette espèce ne convient pas pour l'élevage. Payne (1983) et Stickney (1986) évoquent également la bonne tolérance à la salinité d'une autre espèce, O. spilurus. D'après ces deux auteurs, des essais d'élevage en eau de mer, réalisés au Koweit et en Arabie saoudite sur O. spiluris, auraient donné de bons résultats de survie et des croissances moyennes. Tirant leurs informations de rapports à diffusion limitée, ces auteurs ne fournissent toutefois pas de données chiffrées.

Des expérimentations sur la tolérance à la salinité d'hybrides issus de croisements entre Oreochromis ont également été réalisées en laboratoire et sur le terrain. Watanabe (1985) démontre que la salinité léthale médiane à 96 h est de 26,7 ‰ pour des alevins d'O. mossambicus x O. niloticus âgés de 60 jours, alors qu'elle n'est que de 18,9 ‰ pour des alevins d'O. niloticus âgés de 120 jours. Au Bénin, cet hybride tend à remplacer O. niloticus dans les élevages en eau saumâtre, compte tenu de sa plus grande résistance aux septicémies à A. hydrophila (Morissens 1986). L'hybride O. niloticus x O. aureus a une croissance optimale à 6 ‰ de salinité, le taux maximum de salinité toléré étant de 22 ‰ (Payne 1983). Pour Stickney (1986), les hybrides rouges peuvent être intéressants pour l'élevage en eau salée. Avec un hybride produit par croisement entre une femelle mutante rouge d'O. mossambicus et un mâle d'O. niloticus, Liao et Chang (1983) signalent de bons résultats de survie et de croissance en eau à 17 et à 34 ‰ de salinité, l'hybride étant toutefois plus fragile aux manipulations en eau salée qu'en eau douce. Dans la mesure où les hybrides

Tableau 2. Observations faites sur T. zillii, O. mossambicus, O. aureus, et O. niloticus élevés en milieu salé.[a]

Espèce	Gamme de salinité testée (‰)	Croissance obtenue (g jour^{-1})	Survie observée (%)	Reproduction constatée	Source bibliographique
T. zillii	39-41	0,8	83	Non	Chervinski et Zorn (1974)
O. mossambicus	32-40	-	-	Oui, jusqu'à 49 ‰ de salinité	Popper et Lichatowich (1975)
O. aureus	36-45	1,1-1,4	70-75	Non, mais les auteurs citent des reproductions à 19 ‰ de salinité	Chervinski et Yashouv (1971)
	39-41	2,0	56		Chervinski et Zorn (1974)
O. niloticus	0-15	0,8	60-70	-	Morissens (1986)

[a]Essais réalisés en étangs, sauf pour Morissens (1986) où les observations ont été faites en enclos.

rouges peuvent être obtenus par différents croisements pouvant faire intervenir deux ou trois espèces (Galman et Avtalion 1983), ces résultats ne sont pas forcément reproductibles à d'autres souches. Les hybrides rouges sont surtout produits dans un but commercial dans les régions où leur couleur les fait assimiler à des espèces marines particulièrement prisées, telles que Chrysophrys major (Liao et Chang 1983).

En fonction de ces données et des disponibilités du Centre piscicole de l'IDESSA, qui produisait les alevins pour les essais, et dans l'optique d'une expérimentation en lagune à des salinités inférieures à 15 ‰, nous avons donc testé les espèces suivantes :

- O. aureus, souche originaire d'Israël importée de Tihange (Belgique);
- O. mossambicus, souche importée de Maputo (Mozambique);
- O. u. hornorum, souche importée d'Auburn (États-Unis);
- O. niloticus, souche de la Station de Bouaké, résultant du croisement d'une souche originaire du Nil et d'une souche originaire de la Volta, précédemment utilisée par Magnet et Kouassi (1979) et que nous avons conservée à titre de témoin.

Les hybrides suivants ont également été testés : O. niloticus x O. aureus, O. mossambicus x O. niloticus, O. niloticus x O. u. hornorum, et O. mossambicus x O. u. hornorum.

Matériel et méthodes

Les expérimentations se sont déroulées sur les Stations d'Anna et de Jacqueville du Projet pilote de développement de l'aquaculture lagunaire (Fig. 1). La Station d'Anna pouvant à la fois être approvisionnée en eau douce et en eau de lagune, les poissons livrés par le Centre piscicole de l'IDESSA étaient réceptionnés sur cette Station et laissés en eau douce pendant au moins trois semaines. Puis les poissons étaient sexés, pour ne conserver que les mâles et éviter ainsi des reproductions, l'objectif prioritaire de ces essais étant de comparer des survies. Les poissons étaient ensuite passés progressivement en eau de lagune sur une période transitoire de 15 jours avant d'être dénombrés, pesés, et répartis dans les structures de testage.

Chronologiquement, l'expérimentation a comporté une première série de trois essais de courte durée (numérotés Ia, Ib, et Ic), suivie de deux essais de plus longue durée (essais II et III). Tous ces essais ont été réalisés sur la Station d'Anna, sauf l'essai II qui a été fait sur la Station de Jacqueville après transfert des poissons depuis la Station d'Anna.

Tableau 3. Données caractérisant les essais.

	Numéro de l'essai				
	Ia	Ib	Ic	II	III
Espèce ou hybride testé	O.a.[a] O.m. O.n. O.n. x O.a. O.m. x O.u.h.	O.a. O.n. O.u.h. O.n. x O.a. O.m. x O.u.h. O.n. x O.u.h.		O.a. O.n. O.n. x O.a.	O.a. O.m. x O.n.
Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de lagune :					
Salinité (‰)	4 à 15			5 à 6	0 à 14
Température moyenne (°C)	27 à 29			28 à 30,5	27 à 30,5
Taux minimum de saturation en oxygène (%)	60			80	70
pH	7,3 à 7,8			6,4 à 6,9	7,1 à 7,8
Structure de testage	Cage, 3 m³	Bassin, 13 m³	Bassin, 40 m³	Bassin, 13 m³	Bassin, 13 m³
Caractéristiques de mise en charge :					
Effectif initial par cage ou bassin	100	100	300	106	80 à 90
Poids moyen initial (g)	40 à 60	40 à 60	40 à 60	30 à 35	150 à 170
Durée de l'essai (jours)	45			153	142
Nombre de répétitions par espèce ou hybride testé	4	2	2[b]	3	

[a] O.a., O. aureus; O.m., O. mossambicus; O.n., O. niloticus; O.u.h., O. u. hornorum.
[b] Sauf pour O. u. hornorum et O. niloticus x O. u. hornorum, pour lesquels il n'y a eu qu'une répétition dans cet essai.

Les données caractérisant les essais sont reprises au Tableau 3, les variations de salinité de l'eau de lagune enregistrées au cours des différents essais étant représentées dans la Figure 3. Le débit d'eau dans les bassins était réglé de manière à assurer un renouvellement de la masse d'eau à toutes les 4 à 5 h environ, quel que soit l'essai considéré.

Ne disposant pas, au début de la première série d'essais, d'un aliment local fiable et pour éviter d'introduire un facteur incontrôlé dans les expérimentations, les poissons étaient nourris avec un aliment pour truites à 40 % de protéines, importé d'Europe et conservé en chambre froide. La ration, arbitrairement fixée à 4 % de la biomasse, était réajustée tous les 15 jours à l'occasion des dénombrements et des pesées de contrôle. Par contre, dans les essais II et III, les poissons ont été nourris avec un aliment local à 30 % de protéines (dont un tiers d'origine animale), 6 % de matières grasses, 8 % de cellulose, et 7 % de matières minérales. Des granulés de 2 mm étaient utilisés pour le nourrissage jusqu'à 100 g, puis des granulés de 4 mm au-delà de 100 g. La ration journalière correspondait à 4 % de la biomasse à 40 g, pour diminuer progressivement à 2 % à 100 g, à 1,5 % à 150 g, puis à 1 % au-delà de 200 g. À poids moyen équivalent, les poissons recevaient donc un même traitement alimentaire dans la mesure où les rations n'étaient rectifiées en fonction des effectifs réels qu'au moment des pêches de contrôle mensuelles.

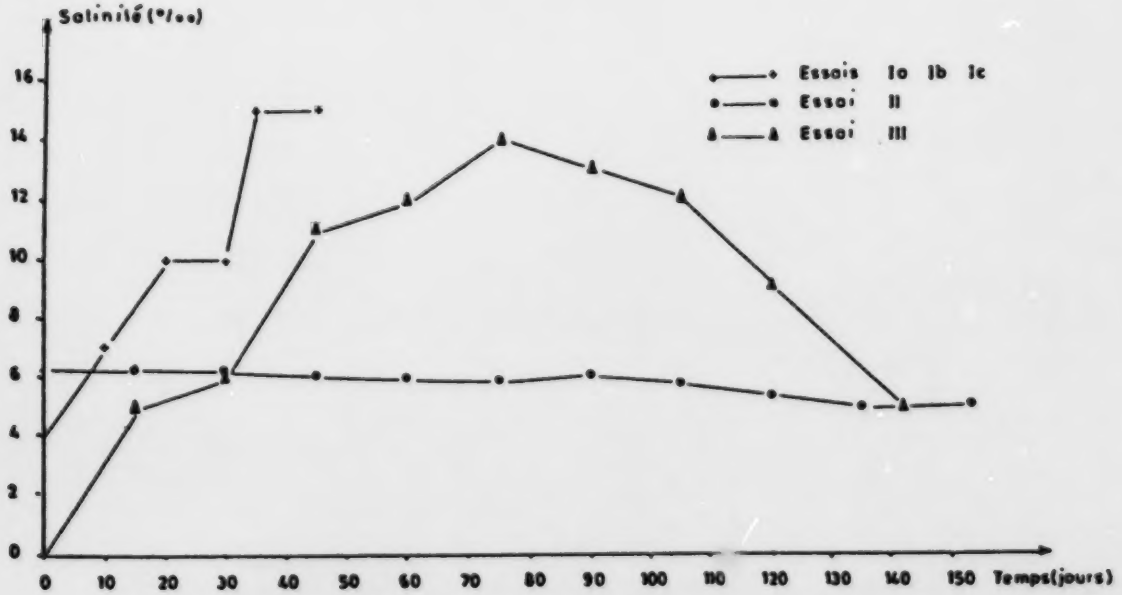


Fig. 3. Évolution de la salinité au cours des essais réalisés sur les Stations d'Anna (essais Ia, Ib, Ic, et II) et de Jacqueville (essai III).

Analyse statistique

Étant donné l'absence de répétitions pour O. u. hornorum et O. niloticus x O. u. hornorum dans l'essai Ic, les résultats de cet essai ont été analysés par un test de Chi sur les effectifs, puis comparés deux à deux par le calcul de l'écart réduit.

Pour les autres essais, une analyse de variance a été réalisée, suivie d'un test de Newman et Keuls pour les comparaisons multiples de moyennes deux à deux, ou d'un test «t» de Student pour les comparaisons de deux moyennes. Dans ces deux tests, un seuil de signification de 5 % a été retenu.

Pour les survies, les données ont été traitées après transformation des pourcentages en arc sinus, les effectifs initiaux étant les mêmes ou très voisins.

Résultats

Les résultats de la première série d'essais sont présentés aux Tableaux 4, 5, et 6.

Tableau 4. Résultats de l'essai Ia.

	Espèce ou hybride				
	O.a.	O.n. x O.a.	O.m. x O.u.h.	O.m.	O.n.
Moyenne des survies (%)	96[a]*	92[ab]	91[ab]	86[b]	57[c]

* Les valeurs portant la même lettre en indice ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 %.

Tableau 5. Résultats de l'essai Ib.

	Espèce ou hybride					
	O.n. x O.a.	O.a. x O.u.h.	O.m.	O.u.h.	O.n. x O.u.h.	O.n.
Moyenne des survies (%)	98[a]	85[b]	85[b]	80[b]	80[b]	67[c]

Tableau 6. Résultats de l'essai Ic.

	Espèce ou hybride					
	O.n. x O.a.	O.m. x O.u.h.	O.n. x O.u.h.	O.u.h.	O.m.	O.n.
Moyenne des survies (%)	99[a]	84[b]	78[c]	77[c]	74[c]	58[d]

Dans les essais Ia et Ib, l'analyse de variance montre que les survies diffèrent entre elles au seuil de 0,1 %. Le même seuil de signification est donné par le test de Chi^2 pour l'essai Ic.

Dans l'essai Ia, la survie d'O. aureus est statistiquement identique à celle d'O. niloticus x O. aureus et d'O. mossambicus x O. u. hornorum, les survies de ces deux hybrides ne différant pas significativement de celle d'O. mossambicus. Par contre, dans les essais Ib et Ic, où O. aureus n'était pas testé, l'hybride O. niloticus x O. aureus a une survie supérieure à celle de tous les autres poissons, en particulier O. mossambicus x O. u. hornorum. La survie de cet hybride ne diffère de celle d'O. mossambicus, d'O. u. hornorum, et d'O. niloticus x O. u. hornorum que dans l'essai Ic. Dans ces trois essais, la survie d'O. niloticus est systématiquement la moins bonne.

Dans l'essai II (Tableau 7), l'analyse de variance montre que les survies diffèrent au seuil de 5 %. La survie d'O. niloticus est très inférieure à celle d'O. aureus et d'O. niloticus x O. aureus, l'écart entre ces deux poissons n'étant pas significatif. On constate également que les croissances et les facteurs de conversion de l'aliment (quantité d'aliment distribuée/gain de poids) sont identiques pour O. aureus et O. niloticus x O. aureus.

Dans l'essai III (Tableau 8), les survies d'O. aureus et d'O. mossambicus x O. niloticus ne diffèrent pas significativement. Par contre, les croissances et les facteurs de conversion de l'aliment sont différents avec, à chaque fois, une bien meilleure performance d'O. aureus.

Discussion

Cette expérimentation permet de classer les espèces et les hybrides testés en fonction de leur tolérance au milieu saumâtre dans la limite d'une salinité maximale de 15 %. On peut distinguer un premier groupe, constitué par les poissons les plus tolérants, qui sont O. aureus, O. niloticus x O. aureus, et O. mossambicus x O. niloticus, puis un second groupe, constitué d'O. mossambicus,

Tableau 7. Résultats de l'essai II.

	Espèce ou hybride		
	O.a.	O.n. x O.a.	O.n.
Moyenne des survies (%)	85[a]	77[a]	55[b]
Moyenne des poids (g)			
Poids initial	30	35	34
Poids final	269	279	293
Moyenne des croissances individuelles (g jour^{-1})	1,56	1,57	1,69
Moyenne des facteurs de conversion de l'aliment	1,32	1,36	1,61

Tableau 8. Résultats de l'essai III.

	Espèce ou hybride	
	O.a.	O.m. x O.n.
Moyenne des survies (%)	91	80
Moyenne des poids (g)		
Poids initial	234	172
Poids final	379	371
Moyenne des croissances individuelles (g jour^{-1})	1,73[a]	1,41[b]
Moyenne des facteurs de conversion de l'aliment	1,84[a]	3.10[b]

O. u. hornorum, O. mossambicus x O. u. hornorum, et O. niloticus x O. u. hornorum, et enfin une espèce O. niloticus. Avec un taux moyen de mortalité égal à 45 %, cette espèce est, de très loin, la moins tolérante même lorsque la salinité ne dépasse pas 6 %. Ce résultat correspond très exactement à la mortalité moyenne relevée par Magnet et Kouassi (1979) lors de leurs essais réalisés à Mopoyem à une salinité inférieure à 5 %. Payne et Collinson (1983) estiment que le maximum de salinité tolérable par O. niloticus en milieu naturel se situe entre 5 et 10 %. En élevage où le stress est très accentué (forte densité, concurrence très forte sur l'alimentation, manipulations), le seuil de tolérance se situe apparemment plus bas, du moins avec la souche que nous avons utilisée.

Les résultats obtenus avec O. u. hornorum et O. mossambicus sont plus surprenants, ces espèces étant décrites comme très tolérantes aux milieux salés. Si les observations faites sur O. u. hornorum sont assez rares et demandent à être confirmées (Payne 1983), par contre, de nombreux auteurs s'accordent sur l'euryhalinité d'O. mossambicus (Glucksman et al. 1976; Whitfield et Blader 1982; Stickney 1986). Toutefois, d'après Payne (1983), les essais effectués avec cette espèce en eau saumâtre ne donnent pas toujours d'excellents résultats. On peut supposer qu'ils sont fonction de la souche utilisée, de son historique, voire de sa provenance. L'hybride issu du croisement entre O. mossambicus et O. u. hornorum montre, dans un cas sur trois, une survie significativement supérieure à celle des deux espèces parentales et, dans les deux autres cas, une survie équivalente. L'hybride O. niloticus x O. u. hornorum hérite de la relative tolérance d'O. u. hornorum.

La bonne tolérance de l'hybride O. mossambicus x O. niloticus aux eaux saumâtres, déjà constatée par Morissens (1986) au Bénin, est confirmée par nos essais. Toutefois, cet hybride a une croissance inférieure à celle d'O. aureus et il valorise moins bien l'aliment artificiel. Il a, en outre, l'inconvénient, comme O. mossambicus x O. u. hornorum, d'hériter de la couleur très sombre d'O. mossambicus, qui s'accentue d'ailleurs fortement lorsque les poissons sont pêchés. Enfin, les nombreux croisements réalisés entre O. mossambicus et O. niloticus par le Centre piscicole de l'IDESSA donnent en moyenne une sex-ratio voisine de 1:1, qui ne confère aucun intérêt à cette hybridation pour l'obtention de descendances monosexes.

Les essais ne permettent pas de différencier O. aureus et O. niloticus x O. aureus, ni en ce qui concerne leur survie (statistiquement équivalente bien qu'en apparence la survie d'O. aureus soit supérieure à celle de l'hybride), ni en ce qui concerne leur croissance ou leur aptitude à valoriser l'aliment artificiel. D'après Mires (1985), l'hybride O. niloticus x O. aureus hérite de la plupart des caractères intéressants des deux espèces parentales : croissance rapide, tolérance au froid d'O. aureus, et relative facilité de capture d'O. niloticus en étangs. Il semble donc qu'il hérite également de la tolérance à l'eau saumâtre d'O. aureus. La possibilité d'obtention de descendances hybrides à très forte proportion de mâles est, par contre, une exception dans le croisement entre O. niloticus et O. aureus. Au Centre piscicole de l'IDESSA, le pourcentage de mâles varie entre 55 et 98 % (alors qu'il est invariablement de 100 % dans les croisements entre O. mossambicus et O. u. hornorum, ou entre O. niloticus et O. u. hornorum). Une telle variabilité a déjà été constatée par Pruginin et al. (1975) et Wohlfarth et al. (1983). L'absence de pureté génétique des souches parentales a parfois été évoquée pour expliquer ce phénomène (introgression des gènes de l'hybride dans l'une ou l'autre des souches parentales), ce qui est vraisemblable si les souches sont conservées dans des structures peu fiables, comme des étangs. En outre, les deux espèces sont assez ressem-

blantes et l'hybride est difficile à différencier d'O. niloticus. Toutefois, Majumdar et McAndrew (1983), en utilisant des souches en provenance du lac Manzalla (Égypte), considérées comme génétiquement pures (Payne et Collinson 1983), obtiennent entre 65 et 85 % de mâles suivant les croisements. Quoi qu'il en soit, la production de l'hybride O. niloticus x O. aureus exige une gestion draconienne des stocks parentaux en écloserie, ce qui n'est pas le cas d'une production monospécifique d'O. aureus.

O. aureus constitue donc actuellement le meilleur choix pour l'aquaculture en eau saumâtre, compte tenu de sa survie, de sa croissance, et de son aptitude à valoriser l'alimentation artificielle. En outre, il est tout à fait envisageable d'obtenir des descendances monosexes mâles d'O. aureus en réalisant un traitement masculinisant sur les alevins. Cette technique est maintenant couramment employée en Israël et aux Philippines, et sa faisabilité a été démontrée sur O. aureus (Guerrero 1975). Elle consiste à administrer aux alevins, avant leur différenciation sexuelle, un aliment supplémenté en hormones androgènes pendant environ un mois.

Avant d'envisager une telle pratique, la faisabilité technico-économique de l'élevage mixte d'O. aureus doit être testée en vraie grandeur dans des conditions équivalentes à celles qui seront vulgarisées en Côte d'Ivoire. Il s'agira, comme pour C. nigrodigitatus, d'une production intensive en enclos. Cette infrastructure représente un investissement moins onéreux que les cages flottantes et elle permet des densités d'élevage beaucoup moins fortes, ce qui diminue les risques pathologiques. Par ailleurs, les premiers essais mis en place montrent que la pêche d'O. aureus en enclos ne pose pas de difficultés particulières lorsque ceux-ci sont implantés sur des fonds sableux. Il n'y a apparemment pas non plus de reproduction, mais si c'était le cas, elles pourraient être aisément contrôlées en associant des Hemichromis fasciatus, petits prédateurs extrêmement fréquents en lagune.

Un complément d'expérimentation doit être mis en place prochainement pour comparer la tolérance et les performances en milieu lagunaire saumâtre de la souche d'O. aureus dont nous disposons actuellement avec une souche d'O. aureus provenant du lac Manzalla et récemment importée par le Centre piscicole de l'IDESSA.

L'avantage de telles expérimentations effectuées en milieu lagunaire est d'avoir des applications directes pour l'aquaculture. Elles ne permettent cependant pas de mesurer l'impact du seul facteur salinité, qui nécessite des expériences en laboratoire corrélées à des suivis physiologiques, morphologiques, et biochimiques.

Références

Albaret, J.J. 1987. Les peuplements de poissons de la Casamance (Sénégal) en période de sécheresse. Rev. Hydrobiol. Trop., 20(3-4), 291-310.

Anon. 1987a. Proposition d'action et évaluation des coûts pour la poursuite du développement de l'aquaculture lagunaire. Ministère de la Production animale de Côte d'Ivoire, Direction des pêches. Diffusion restreinte. 67 p.

——— 1987b. Projet pilote de développement de l'aquaculture lagunaire. Rapport général. Ministère de la production animale de Côte d'Ivoire, Direction des pêches. Diffusion restreinte. 110 p.

Bardach, J.E., Ryther, J.H., McLarney, W.O. 1972. Aquaculture: The farming and husbandry of freshwater and marine organisms. N.H. Wiley Interscience. 808 p.

Bayoumi, A.R. 1969. Notes on the occurrence of Tilapia zillii (Pisces) in Suez Bay. Marine Biol., 4, 225-256.

Chervinski, J., Yashouv, A. 1971. Preliminary experiments on the growth of Tilapia aurea (Steindachner) (Pisces, Cichlidae) in seawater ponds. Bamidgeh, 23(4), 125-129.

Chervinski, J., Zorn, M. 1974. Note on the growth of Tilapia aurea (Steindachner) and Tilapia zillii (Gervais) in seawater ponds. Aquaculture, 4, 249-255.

Daget, J., Iltis, A. 1965. Poissons de Côte d'Ivoire (eaux douces et saumâtres). I.F.A.N., Dakar. Mémoire n° 74. 385 p.

Dia, A.K. 1975. Détermination de l'âge des mâchoirons (Chrysichthys nigrodigitatus). Première estimation de la croissance. Doc. sc. Cent. Rech. Océanogr., Abidjan, 6(2), 139-151.

Durand, J.R., Chantraine, J.M. 1982. L'environnement climatique des lagunes ivoiriennes. Rev. Hydrobiol. Trop., 15(2), 85-113.

Fortes, R.D. 1986. Culture studies on Tilapia sp. under saline conditions at the Brackishwater Aquaculture Center. Tilapia Farming, 48, 21-33.

Galman, O., Avtalion, R.R. 1983. A preliminary investigation of the characteristics of red tilapias from the Philippines and Taiwan. In Proceedings, International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel. p. 291-301.

Guerrero, R.D. 1975. Use of androgens for the production of all-male Tilapia aurea (Steindachner). Trans. Amer. Fish. Soc., 2, 342-348.

Guiral, D., N'Dah, E. (À paraître) Les macrophytes aquatiques des berges lagunaires. In Durand, J.R., Dufour, P., Zabi, G. (éd.), Environnement et ressources aquatiques en Côte d'Ivoire. II. Le milieu lagunaire.

Glucksman, J., West, G., Berra, T.M. 1976. The introduced fishes of Papua New Guinea with special reference to Tilapia mossambica. Biol. Conserv., 9, 37-44.

Hem, S. 1982. L'aquaculture en enclos : adaptation au milieu lagunaire ivoirien. Aquaculture, 27, 261-272.

Legendre, M. 1983. Observations préliminaires sur la croissance et le comportement en élevage de Sarotherodon melanotheron et de Tilapia guineensis en lagune Ébrié, Côte d'Ivoire. Doc. Sc. Cent. Rech. Océanogr., Abidjan, 9(2), 1-36.

——— 1986. Influence de la densité de l'élevage monosexe et de l'alimentation sur la croissance de Tilapia guineensis et de Sarotherodon melanotheron élevés en cage-enclos en lagune Ébrié, Côte d'Ivoire. Rev. Hydrobiol. Trop., 19(1), 19-29.

Liao, I.C., Chang, S.L. 1983. Studies on the feasibility of red tilapia in saline water. In Proceedings, International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel. p. 524-533.

Lobel, P.S. 1980. Invasion by the Mozambique tilapia (Sarotherodon mossambicus; Pisces; Cichlidae) of a Pacific atoll marine ecosystem. Micronesia, 16, 349-355.

Macaranas, J.M., Taniguchi, N., Pante, M.J.R., Capili, J.B., Pullin, R.S.V. 1986. Electrophoretic evidence for extensive hybrid gene introgression into commercial Oreochromis niloticus (L.) stocks in the Philippines. Aqu. and Fish. Manag., 17, 249-258.

Magnet, C. 1980. Développement de l'aquaculture lagunaire. Centre technique forestier tropical, Nogent-sur-Marne, France, Paris. 45 p.

Magnet, C., Kouassi, Y.S. 1978. Essai d'élevage de poissons en cages flottantes dans les lagunes Ébrié et Aghien. Centre technique forestier tropical, Nogent-sur-Marne, France, Paris. 49 p.

——— 1979. Essai d'élevage de poissons dans les lagunes Ébrié et Aghien. Reproduction en bacs cimentés, élevage en cages flottantes. Centre technique forestier tropical, Nogent-sur-Marne, France. 70 p.

Majumdar, K.C., McAndrew, B.J. 1983. Sex ratios from interspecific crosses within the tilapias. In Proceedings, International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel. p. 261-269.

Mires, D. 1985. Genetic problems concerning the production of tilapia in Israel. Bamidgeh, 37(2), 51-54.

Morissens, P. 1986. La pisciculture intensive en enclos dans les grandes lagunes du Sud-Est Bénin. Bois For. Trop., 213, 51-70.

Pauly, D. 1976. The biology, fishery and potential for aquaculture of Tilapia melanotheron in a small West African lagoon. Aquaculture, 7, 33-49.

Payne, A.I. 1983. Estuarine and salt tolerant tilapias. In Proceedings, International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel. p. 534-543.

Payne, A.I., Collinson, R.I. 1983. A comparison of the biological characteristics of Sarotherodon niloticus (L.) with those of S. aureus (Steindachner) and other Tilapia of the Delta and Lower Nile. Aquaculture, 30, 335-351.

Philippart, J.C., Ruwet, J.C. 1982. Ecology and distribution of tilapias. In Pullin, R.S.V., Lowe-McConnell, R.H. (eds.), The biology and culture of tilapias. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines. p. 15-59.

Popper, D., Lichatowich, T. 1975. Preliminary success in predator control of Tilapia mossambica. Aquaculture, 5, 213-214.

Pruginin, Y., Rothbard, S., Wolfarth, G., Halevy, A., Moav, R., Hulata, G. 1975. All-male broods of Tilapia nilotica x Tilapia aurea hybrids. Aquaculture, 6, 11-21.

Sarig, S. 1955. Culture of Tilapia as a secondary fish in carp ponds. Bamidgeh, 7, 41-45.

Stickney, R.R. 1986. Tilapia tolerance of saline waters: A review. Progr. Fish Cult., 48, 161-167.

Watanabe, W.O., Kuo, C.M., Huang, M.C. 1985. The ontogeny of salinity tolerance in the tilapias Oreochromis aureus, O. niloticus and an O. mossambicus x O. niloticus hybrid, spawned and reared in freshwater. Aquaculture, 47, 353-367.

Whitfield, A.K., Blaber, S.J.M. 1979. The distribution of the freshwater cichlid Sarotherodon mossambicus in estuarine systems. Environ. Biol. Fishes, 4(1), 77-81.

Wohlfarth, G.W., Hulata, G., Rothbard, S., Itzkowich, J., Halevy, A. 1983. Comparisons between interspecific hybrids for some production traits. In Proceedings, International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel. p. 559-569.

POLYCULTURE OF *OREOCHROMIS SHIRANUS CHILWAE* AND *CYPRINUS CARPIO* IN EXPERIMENTAL PONDS

O.V. Msiska
Ministry of Forestry and Natural Resources, Fisheries Department, P.O. Box 44, Domasi, Malawi

Abstract *Experimental trials were conducted from March to July, 1981 and 1982, raising Oreochromis shiranus chilwae and Cyprinus carpio at Domasi using several feed combinations, "madeya" (maize waste), and chicken manure. A diet containing cowpeas (50%), groundnut meal (35%), fish meal (10%), and madeya (5%) proved superior when compared with two diets containing cowpeas (50%), groundnut meal (35%), vitamin premix (0.5%), and maize bran (4.5%) and Lueceana (30%), sorghum (45%), meat and bone meal (10%), and molasses (15%) respectively. Fish production varied from 636.1 to 850.2 kg/ha over 120 days. A comparative trial, utilizing manure and madeya, produced 413 to 578 kg/ha over the same growing period. O. shiranus chilwae raised separately produced 348.2 to 544.0 kg/ha in 120 days, clearly showing the advantages of improving fish nutrition in ponds. The higher incidence of small, unmarketable fish in the latter trial could be explained by the activities of mirror carp, in the mixed-species trial, which disturbed nesting of the tilapia. The lack of an adequate number of ponds for replications was a constraint in the study. The poor weight gains experienced with the tilapia indicated a poor genetic stock, suggesting that the stock should be replaced or that further research on other tilapia species is needed. The main conclusion of the study was that priority must be given to polyculture studies.*

Résumé *Nous avons procédé à l'élevage expérimental de Oreochromis shiranus chilwae et de Cyprinus carpio à Domasi, de mars à juillet, en 1981 et en 1982, en utilisant diverses combinaisons d'aliments, de "madeya" (déchets de maïs) et de fumier de poulet. Un régime contenant des doliques (50 %), des arachides moulues (35 %), de la farine de poisson (10 %) et du madeya (5 %) s'est avéré supérieur à un régime de doliques (50 %), d'arachides moulues (35 %), d'un prémélange de vitamines (0,5 %) et de son de maïs (4,5 %), ainsi qu'à un régime de Lueceana (30 %), de sorgho (45 %), de farine de viande et d'os (10 %) et de mélasse (15 %). La production de poisson a varié entre 636,1 et 850,2 kg/ha en 120 jours. Un essai comparatif où l'on utilisait du fumier et du madeya a donné une production variant de 413 à 578 kg/ha au bout d'une période de croissance de même durée. O. shiranus chilwae, élevé séparément, a donné un rendement de 348,2 à 544,0 kg/ha en*

120 jours, démontrant clairement les avantages d'une amélioration de la nutrition des poissons en étangs. Le taux élevé de poissons trop petits pour être vendus obtenu au cours de ce dernier essai est peut-être dû à la présence des carpes miroir dans l'essai précédent (à deux espèces) qui perturbaient la reproduction des tilapias. Le nombre insuffisant d'étangs pour les répétitions a fait obstacle à notre étude. Par ailleurs, les piètres gains obtenus avec les tilapias sont une conséquence de la piètre qualité des géniteurs et concluent à la nécessité de remplacer ces derniers ou de poursuivre les recherches sur d'autres espèces de tilapias. Nous concluons principalement à la nécessité de mettre l'accent sur la polyculture.

Introduction

Cultured fish are reared under conditions that are seldom optimal. Given the diverse water biota found in tropical aquatic systems, however, high yields can be obtained through mixed-species culture (Tang 1970; Reich 1975). Although there is potential for applying these systems, there is a dearth of information on adaptive systems that can be used locally. In Malawi, Linn (1974) reported on some systems that are in prevalent use in ponds and dams. The fish discussed by Linn were nonintroduced local species, except possibly Tilapia rendalli, which, through an unconfirmed report, is alleged to have come from Zambia (FAO 1988).

Although the goal is to establish fish populations that are self-sustaining in dams, pond culture aims to achieve the best possible growth in the shortest possible time. As a result, it is important to maintain a balance between available food and fish populations; otherwise, it becomes necessary to provide supplementary food.

Mirror carp (Cyprinus carpio) were introduced into Malawi in 1976 to provide a faster growing fish that would occupy a niche hitherto underutilized by local fish species in common ponds, such as Oreochromis shiranus chilwae, T. rendalli, O. mossambicus, O. shiranus shiranus, Clarias gariepinus, and Serranochromis robustus. Soon, it became evident that supplementary feeds based on grain by-products were necessary to increase yields.

Some polyculture trials using local species and mirror carp were reported by Msiska (1982); however, a lack of ponds for replication has been a major constraint. This paper discusses trials involving feeding and manuring of mixed populations of O. shiranus chilwae and C. carpio.

Methods

Six 0.05 ha earthen ponds at the Domasi Experimental Fish Farm in Malawi were used in this study. Soft water (pH 6.5, total

alkalinity 29.6 mg/L) was periodically added to replace seepage and evaporative losses after initial filling of the ponds. The depth of the ponds varied from 0.3 m near the edges to 1.2 m at the drainpipes. To prevent wild fish from entering the pond, screens were placed at the inlet, and before stocking the pond, slaked lime was applied to eradicate pathogens.

On 1 March 1981, ponds were stocked with Cyprinus carpio and Oreochromis shiranus chilwae at densities of 1000 and 5000 fish/ha respectively. The fish weighed, on average, 6.4 g and 11.4-18.0 g respectively. The difficulty of obtaining uniform sizes of Oreochromis shiranus chilwae was apparent in all of the studies. Fish were fed three different diets formulated from available ingredients (Table 1).

On 1 March 1982, two ponds were stocked with Oreochromis shiranus chilwae alone. Another two ponds were stocked with both O. shiranus chilwae and C. carpio as in the previous trial. A low quality and readily available feed in the form of maize waste (locally called "madeya") was used as feed. In all treatments, fish were fed 6 days per week at a rate of 4% of their body weight, adjusted periodically for weight gain. All of the ponds were supplied with chicken manure at a rate of 36.5 kg per pond weekly (Table 2).

Results and discussion

Growth data covering a 17 week period revealed growth rates of 0.43 to 0.62 g/day for Oreochromis shiranus chilwae and 0.86 to 1.76 g/day for Cyprinus carpio.

The best feed was that comprising cowpeas as the main ingredient, whereas that constituting Leuceana, sorghum, and molasses was inferior. According to Lovell (1988), optimum energy for tilapias is estimated to be around 3000 kcal/kg (1 cal = 4.1868 J), which is greater than values attained with the present test diets. The difference in fish yields between diets 2 and 3 suggests that diet formulation could be further improved through energy supplementation. Meanwhile, it is also necessary to ascertain optimum energy requirements in relation to crude protein for Oreochromis shiranus chilwae. Research currently being undertaken by J.S. Likongwe (personal communication) at Bunda College of Agriculture of the University of Malawi should provide further information on PER values of this fish.

Energy deficiency is further complicated by the lack of knowledge on digestible energy values for the various ingredients used.

Although the crude protein requirement remains unknown, there was a more favourable response to higher values. The requirements for Cyprinus carpio are generally known, and this has

Table 1. Percent composition of formulated diets.

Component	Diet 1	Diet 2	Diet 3
Cowpeas	50	50	-
Leuceana meal	-	-	30
Sorghum	-	-	45
Groundnut meal	35	35	-
Fish meal	10	10	-
Maize meal	4.5	5.0	-
Molasses	-	-	15
Meat and bone meal	-	-	10
Proximate analysis*			
Crude protein (%)	36.3	36.4	21.3
Gross energy (kcal/kg)**	2839	2855	2176

* Calculated from tables in Bolton and Blair (1977).
** 1 cal = 4.1868 J.

Table 2. Performance of *Oreochromis shiranus chilwae* and *Cyprinus carpio* fed experimental diets.*

	Diet 1		Diet 2		Diet 3	
	OSC	MC	OSC	MC	OSC	MC
Initial weight (g)	12.0	6.4	11.5	6.4	15.4	6.4
Final weight (g)	72.5	130.6	76.0	145.9	73.5	140.5
Growth (g/day)	0.50	1.04	0.53	1.16	0.49	1.12
Survival (%)	53.9	70.95	70.0	83.60	56.8	68.2
Gross weight (kg)	11.1	23.2	13.6	30.46	11.59	23.4
Net weight (kg)	8.1	21.6	11.65	28.86	7.74	21.80
Net weight (kg/ha)	162.5	413.7	233.0	577.0	154.7	436.0
Total gain (kg/ha)	575.5		810.0		590.7	
Feed conversion	2.27		1.76		2.86	

Note: OSC = *Oreochromis shiranus chilwae*; MC = *Cyprinus carpio*.
*Values are the average of two replicates.

been extensively researched in Israel. However, practical diets, even for this fish, have to match available local ingredients for cost effectiveness.

With a reputed high protein content of about 23%, cowpeas could become the basis for a fish farming feed industry, much like soybeans in the catfish industry in the United States (Lovell 1984). Because it is not a basic human food in Malawi, there is little competition for cowpeas. Further effort to completely substitute the fish meal fraction is warranted due to the lack of trash fish for making fish meal in Malawi as all sizes of fish are

Table 3. Performance of *Oreochromis shiranus chilwae* and *Cyprinus carpio* fed madeya in monoculture and polyculture systems.*

	Monoculture	Polyculture	
	OSC	OSC	MC
Initial weight (g)	14.4	15.6	74.8
Final weight (g)	45.3	72.6	499.4
Growth (g/day)	0.25	0.48	3.54
Survival (%)	83.85	81.55	94.15
Gross weight (kg)	25.90	35.7	
Small fish (kg)	15.50	0.83	
Net weight (kg)	22.30	28.75	
Yield (kg/ha)	446.1	575.0	
Feed conversion	1.10	1.53	
Manure (kg)	625	625	

Note: OSC = *Oreochromis shiranus chilwae*; MC = mirror carp.
*All values are the average of two ponds.

consumed. Jauncey and Ross (1982) postulate that this goal is attainable and is, thus, an attractive area for research.

Despite the need for fish feed research, pond waste can only be minimized if appropriate fish combinations are achieved. In addition, current research efforts are focused on combinations of several indigenous fish species (Appendix).

In general, fish yields were lower than expected. This is likely due to an unfavourable temperature regime between May and July, when annual records are lower than 22°C.

The considerable reduction in fry fish in mixed culture (Table 3) was probably due to the destruction of tilapia nests and the general robustness of mirror carp. Thus, it would be a concern if mirror carp were to escape into the natural environment and exert a similar influence on other fish.

Acknowledgments

The Secretary for Forestry and Natural Resources is thanked for granting permission to publish these results. The International Development Research Centre provided financial assistance to allow the author to present these results at the Bouake workshop.

Technical assistance with the field trials by Z.E. Kamvabingu is gratefully acknowledged. Thanks are also extended to Miss C. Katete for typing the original manuscript.

References

Bolton, W., Blair, R. 1977. Poultry nutrition. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Her Majesty's Stationery Office (HMSO). Bulletin 174. 134 pp.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1988. International introductions of inland aquatic species. FAO, Rome, Italy, Fisheries Technical Paper 294.

Jauncey, K., Ross, B. 1982. A guide to tilapia feeds and feeding. Institute of Aquaculture, University of Stirling. 111 pp.

Linn, D.W. 1974. Development of fish farming in Malawi. Fish Farming International, 3, 12-17.

Lovell, R.T. 1988. Feeding tilapia. Aquatic Magazine, 7(1), 42-45.

Lovell, R.T. 1984. Use of soyabean products in diets for aquaculture species. Animal nutrition research highlights. American Soyabean Association, 1-6.

Msiska, O.V. 1982. Aspects of fish culture development in Malawi and its potential economic impact on a rural economy. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)/ Committee on Inland Fisheries of Africa (CIFA). Technical Paper 8, 292-302.

Reich, K. 1975. Multispecies fish culture (polyculture) in Israel. Bamidgeh, 27(1), 85-99.

Tang, Y.A. 1970. Evaluation of the balance between fishes and available fish foods for multispecies fish culture in ponds in Taiwan. Transactions of the American Fisheries Society, 19(4), 708-718.

Appendix: Characteristics of candidate fish species selected for pond studies.

Species	Common name	Feeding/stomach content	Breeding/growth	Consumer acceptability	Main role in polyculture
Oreochromis shirana	Nkututu, fwilili makumba	Higher vegetation, bottom algae, detritus	Max. length, 37 cm (5 years); maturity length, 20 cm (2-3 years)	Good	To feed on bottom algae and plants
Labeo mesops	Nchila ntuwa	Bottom algae, detritus diatoms, sand grains	Ascends river to spawn; max. length, 48 cm	Very good	To feed on micro-heterotrophic organisms
Opsaridium	Mpasa nyengeri (young)	Fish and insects	Breeds around 30 cm; max. length, 66 cm	Excellent	Police fish
Oreochromis squamipinnis	Chambo	Algae, diatoms, and plants	Breeds around 23-25 cm; max. length, 34 cm	Excellent	To feed on pelagic phytoplankton
Clarias gariepinus	Mlamba	Catholic: crustacea, fish, insects, and plants	Breeds around 29-32 cm; max. length, 78.9 cm (female), 139.4 cm (male)	Good	To feed on small fish and excess food
Oreochromis shiranus chilwae	Makumba	Higher plants, algae, zooplankton	Breeds at 11.5 cm (female), 15.0 cm (male); max. length, 34 cm	Good	To feed on plants and zooplankton
Barbus johnstonii	Ngumbo kopokopo	Insect larvae, molluscs, fish and vegetable remains		Good	To feed on bilharzia snails
Cyprinus carpio	-	Insect larvae (chrinomid) and artificial food	Breeding after 9 and 4 months. Grows faster than other fish (up to 10 g/day)	Good when smoked	To feed on aquatic insect larvae
Oreochromis placidus	-	Diatoms and mud	Little known	Good	?

EFFECT OF SUPPLEMENTAL FEED ON THE GROWTH OF *OREOCHROMIS NILOTICUS* IN PONDS IN LIBERIA

Naomi I. Cassell,[1] John M. Dukuly,[2] J.M. Jallah,[1]
John M. Kaykay,[2] and George Yientee[1]
[1]Department of Fisheries, [2]Department of Animal Science,
Central Agricultural Research Institute,
P.O. Box 3929, Monrovia, Liberia

Abstract *An attempt was made to formulate a suitable combination of locally obtainable and processed ingredients as supplementary feed for Oreochromis niloticus. The ingredients used included rice bran, ground corn, cassava powder, ground rubber seeds, fish meal, and blood meal, with oyster shells being used as roughage and palm oil as a carrier. Six treatment combinations were served daily, except on sampling dates, at a rate of 5% of total body weight, to 2 week old frys stocked at a density of 1 fry/m² in 100 m² ponds, with two replications, for 6 months. Samples were taken fortnightly to evaluate weight and body length parameters. These parameters were used as a measure of the response of the fry to the various treatments. Although comparison of mean weight gain appears to indicate differences among treatment means, statistical analysis of the data failed to show any significant differences among treatments at the 5% level.*

Résumé *Nous avons cherché à déterminer une combinaison adéquate d'ingrédients disponibles et transformés sur place pour la complémentation du régime de Oreochromis niloticus. Les ingrédients utilisés comprenaient notamment le son de riz, le maïs moulu, la poudre de manioc, les graines d'hévéa moulues, la farine de poisson et la farine de sang, des coquilles d'huîtres servant d'aliments de lest et de l'huile de palme servant d'excipient. Six combinaisons différentes ont été servies quotidiennement, sauf les jours d'échantillonnage, à raison de 5 % du poids corporel total, à des alevins de deux semaines élevés dans des étangs de 100 m² (1 alevin par m²) pendant 6 mois. Tous les essais étaient répétés. Les échantillons ont été prélevés tous les 14 jours pour la détermination du poids et de la longueur. Ces paramètres nous ont servi d'indices de la réaction au traitement. Même si la comparaison du gain de poids moyen laisse deviner des différences entre les traitements, l'analyse statistique des données n'a laissé conclure à aucune différence significative entre les traitements utilisés, au seuil de probabilité de 5 %.*

Introduction

An increase in interest in pond fish culture in Liberia, coupled with the high price and scarcity of commercially formulated feed, has created a need to find alternative feed sources for this growing sector of agriculture.

The objective of the present study, therefore, was to determine the nutritive value of six treatment diets, formulated from locally available agricultural by-products, as supplementary feed for Oreochromis niloticus.

Materials and methods

Diet composition and preparation

Five plant and two animal by-products were tested as feed ingredients in this study (Table 1). Corn, cassava, and rubber seeds were considered to be the principal ingredients. The other ingredients were considered to be essential additives and, therefore, were added as constants in all rations. Corn was obtained from a local milling company, already ground and ready for use. A bitter variety of cassava was obtained from the Central Agricultural Research Institute's research plots, chopped into chunks, and dried over fire for 3 weeks, after which it was ground into powder. Rubber seeds, obtained from local farmers, were sun dried and stored for a minimum of 6 months to expel excess hydrocyanic acid. They were then cracked and the kernels were ground into powder before being used. Rice bran was obtained as a by-product of rice milling from a local mill and was utilized without further modification. Blood meal was collected from a slaughterhouse by absorbing it on rice bran. The blood was dried on metal sheets for 7 days and the blood - rice bran mixture was repulverized by grinding. Fish meal was obtained as scraps from local dried-fish vendors, oven dried at 60°C for 1 week, and ground. Oyster shells were collected from riversides, sun dried, and ground into powder. Palm oil was obtained as sold for human consumption and was used without further modification.

Seven diets, including a control (diet T-1), were studied. Diets T-2, T-3, and T-4 consisted of 40% corn, 40% cassava, and 40% rubber seeds by weight respectively. Because these were considered to be principal ingredients, these diets were designed to evaluate the effect of each in the absence of the other two. Diets T-5, T-6, and T-7 combined two of the principal ingredients together at 20% by weight each. The rest of the ingredients were added to each ration as listed in Table 1.

The ponds used in the study measured 100 m^2 each. They were supplied by a rain-filled reservoir that was maintained throughout the duration of the study.

Table 1. Percent composition of ingredients in experimental diets fed to Oreochromis niloticus.

	Treatment						
	T-1*	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7
Corn	-	40	-	-	-	20	20
Cassava	-	-	40	-	20	20	-
Rubber seed	-	-	-	40	20	-	20
Rice bran	-	9	9	9	9	9	9
Fish meal	-	25	25	25	25	25	25
Blood meal	-	25	25	25	25	25	25
Oyster shells	-	1	1	1	1	1	1
Palm oil (mL)	-	2	2	2	2	2	2

*Control treatment.

A mixed-sex population of 100 frys, averaging 2.0 g per fry, was stocked in each pond. The fish were given daily rations corresponding to 5% of their body weight, except on sampling dates. The amount of feed was adjusted fortnightly in proportion to the average weight at each sampling. During sampling, approximately half of the stocked population was captured to record weight and length. The fish were released promptly afterwards. Sampling was carried out fortnightly.

Results and discussion

Analysis of variance failed to show significant differences among treatments. However, mean weight gain plotted against feeding time indicates that fish fed diets T-2, T-3, and T-4, which contained 40% corn, 40% cassava, and 40% rubber seeds, respectively, nearly doubled the weight of those fish in the control group (Fig. 1). Diets T-5, T-6, and T-7 produced up to 40% larger fish compared with the control group (Fig. 2).

This study, though preliminary in nature, shows that tilapia culture can be improved simply by the addition of crudely formulated, supplementary feed made entirely from plant and animal by-products that, in most cases, are otherwise discarded as refuse.

Problems and constraints

The Department of Fisheries of the Central Agricultural Research Institute lacks the basic equipment needed for aquaculture research. This report would be more complete if proximate analyses of the ingredients utilized in the study had been conducted. The importance of such analyses in a study of this nature is recognized, but the analyses could not be carried out because the apparatus required was not available.

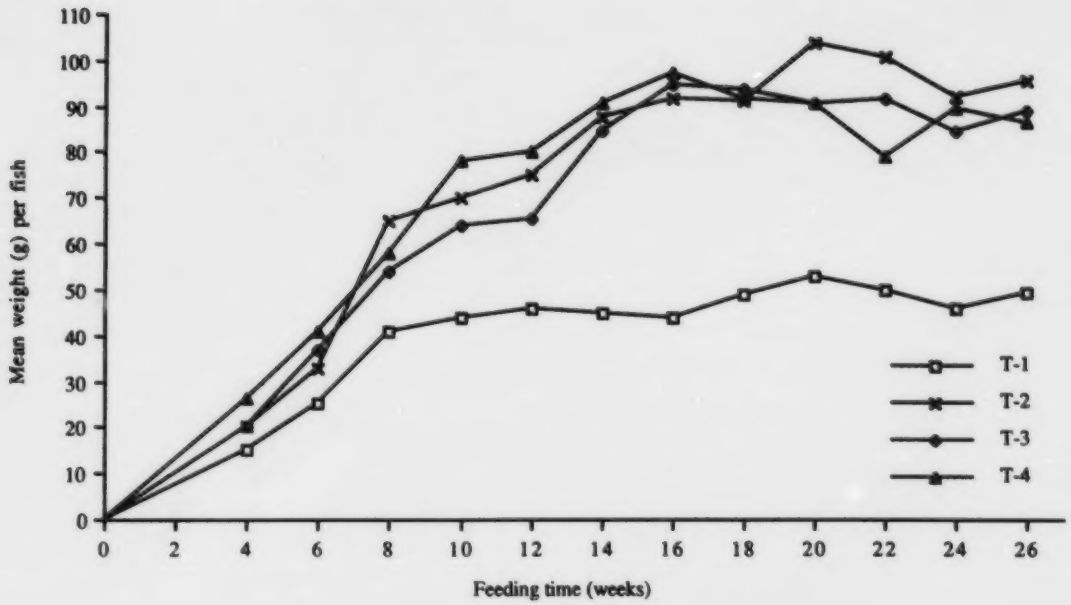


Fig. 1. Performance of O. niloticus fed supplementary diets T-2, T-3, and T-4.

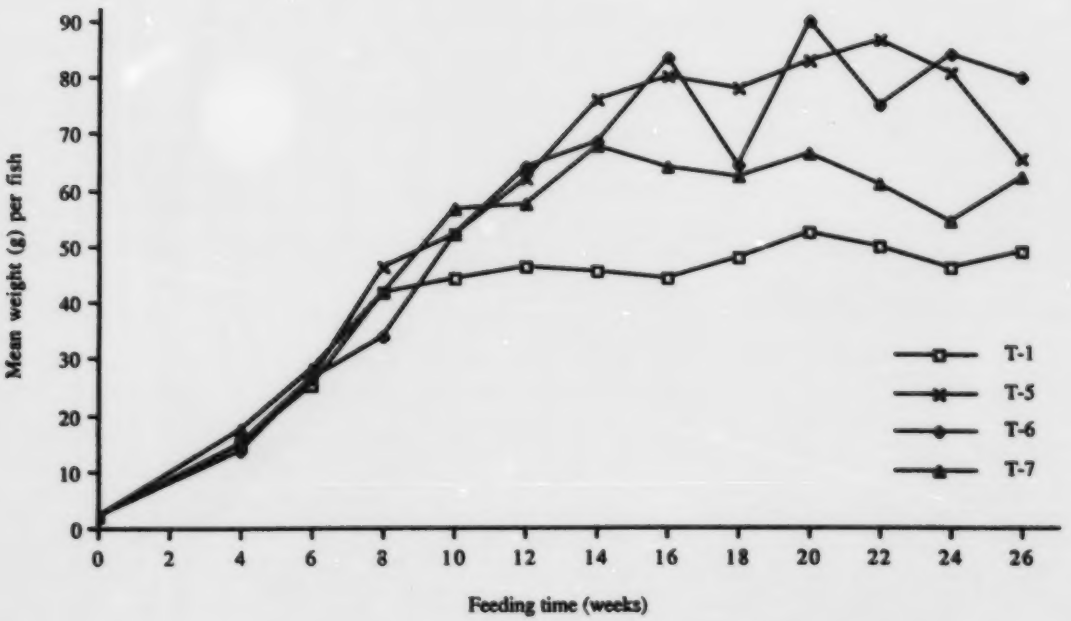


Fig. 2. Performance of O. niloticus fed supplementary diets T-5, T-6, and T-7.

Eighteen weeks into this study, weight loss was observed in all treatments, except the control. Two constraints were probably responsible for this observation. The first was a shortage of feed. During this period, feed ingredients became scarce due to a shortage of funding. The second problem was a biological factor that should have been taken into consideration - reproduction. Reproduction in the ponds could not be avoided because of the mixed population of males and females used in the experiment. A mixed population was used because it was difficult to identify the sexes for a monosex culture population due to the small size of the fingerlings (between 1 and 2 g) at the beginning of the study. The alternative of producing an all male population (through hybridization and/or sex reversal) was not possible because the facilities required were not available.

Future research

In subsequent studies, attempts will be made to improve on materials and methods by ensuring reliable logistical support prior to commencing an experiment, and by conducting such tests with a monosex culture in strictly controlled ponds and/or aquaria.

PRODUCTION OF MALE TILAPIAS BY HANDSEXING AND INDUCED ANDROGEN SEX REVERSAL IN NET CAGES

Mark Owusu-Frimpong
Institute of Aquatic Biology
P.O. Box 38, Achimota, Ghana

Abstract *Male stocks of Oreochromis niloticus, Sarotherodon galilaeus, and Tilapia zillii were produced by examining the sexually dimorphic urogenital papilla structure with a probe (dissecting pin). In the laboratory, sexes indicated by examination of the papillae with the probe agreed with the results of gonadal examination. In the field, specimens as small as 6.5 cm in total length (TL) and weighing 8-18 g were handsexed with 100% accuracy. No mortality occurred after the handsexing operation. The technique can be used by one person to segregate 1920 juvenile specimens during a normal working day of 8 h.*

O. niloticus fry of 8-11 mm TL and weighing 0.007-0.010 g were successfully sex reversed by oral administration of 17 x-methyltestosterone (17-MT) at a dosage of 60 mg/kg of dry diet over 28 days in net cages suspended in a pond. The treatment produced 96 and 98% male stocks. The presence of natural food in the pond did not interfere with the sex-reversal process.

Résumé *Des stocks de poissons mâles appartenant aux espèces Oreochromis niloticus, Sarotherodon galilaeus et Tilapia zillii ont été constitués par examen de la papille urogénitale, caractérisée par son dimorphisme sexuel, à l'aide d'une sonde (aiguille de dissection). Au laboratoire, les résultats du sexage effectué par examen de la papille correspondent aux résultats de l'examen des gonades. Sur le terrain, il est possible de déterminer le sexe de spécimens n'atteignant qu'une longueur totale de 6,5 cm et un poids de 8 à 18 g avec une exactitude de 100 %. Le sexage à la main n'a entraîné aucune mortalité. Cette méthode peut permettre à une seule personne de déterminer le sexe de 1 920 spécimens juvéniles au cours d'une journée normale de travail de 8 h.*

Des alevins de O. niloticus mesurant au total 8 à 11 mm et pesant de 0,007 à 0,010 g ont été changés de sexe au bout de 28 jours, dans des cages de filet suspendues dans un étang, grâce à l'administration de 17-x méthyltestostérone par voie orale à raison de 60 mg/kg d'aliments (poids sec). Ce traitement a produit des populations constituées à 96 % et à 98 % de mâles. La présence d'aliments naturels dans l'étang n'a pas influé sur le processus d'inversion du sexe.

Introduction

The ability of tilapia species to reproduce easily and rapidly in ponds is of commercial value. However, if their reproduction is not controlled, excessive recruitment, accompanied by low yields of marketable-sized fish, results. One of the most effective solutions to the problem of overpopulation of tilapia species in ponds is the culturing of monosex stocks. Males are preferred because they exhibit superior growth compared with females (van Someren and Whitehead 1960a,b; Fryer and Iles 1972).

In this paper, two methods of male tilapia production, namely handsexing and induced sex reversal, are discussed. Handsexing of tilapia species by examining the urogenital papilla structure has been tested by Shell (1967) and Guerrero and Guerrero (1975). This method is laborious, time consuming, wasteful of females, and unreliable (Bardach et al. 1972).

One objective of the present study was to develop a handsexing technique that could be applied to segregate juvenile tilapia species with 100% accuracy. This goal was set taking into consideration the fact that the inadvertent introduction of a relatively small number of females into a pond containing all-male stocks could negate all the time and labour involved in handsexing (Bardach et al. 1972).

Induced sex reversal with androgens is a more successful method insofar as the percentage of males produced is concerned. Androgen sex reversal has been reported by several workers, including Guerrero (1975), Clemens and Inslee (1968), and Owusu-Frimpong and Nijjhar (1981). Commercial application of this method has been shown to be feasible (Koplin et al. 1977; Guerrero 1979). However, the need to install expensive facilities, such as cement tanks and aquaria, to administrate androgen-treated diets is a major setback (Mires 1977). The method can be made less expensive by carrying out androgen sex reversal in net cages suspended in ponds (Buddle 1984; Berger and Rothbard 1987). Until the work of Buddle (1984), it was believed that the presence of natural food in water in which androgen treatment is carried out could interfere with the sex-reversal process (Yamamoto 1969).

Another objective of the present study was to induce sex reversal in Oreochromis niloticus by treating fry with an androgen in net cages suspended in a pond.

Materials and methods

Handsexing

Developing the technique in the laboratory

Between 11 and 18 January 1988, 100 live specimens of Oreochromis niloticus, Sarotherodon galilaeus, and Tilapia zillii of

6.7-22.5 cm total length (TL) were obtained for examination of their urogenital papillae in the laboratory.

The fish were put into a plastic bucket containing sufficient water. A hand towel was soaked in the water and placed in the palm of one hand. One fish was picked at a time and laid on its dorsal side on the towel in such a way that the head was virtually covered. This was done to secure a firm hold on the fish, to moisten the surface of the gills, and to protect the palm of the hand against injury from the spines on the dorsal fin.

It was convenient to hold the fish at chest height with its posterior end directed chestward. A probe (dissecting pin) was used to search for the opening(s) in the papilla. When an opening was located, the probe was gently inserted into it, as far as possible, at an angle of approximately 30°, to gain some idea about its nature. Next, the probe was used to lift or roll the papilla back upon itself a number of times to determine its shape. A specimen was designated a male if it had only one opening; if two openings were encountered, the specimen was designated a female (Maar et al. 1966). Seventy-five of the specimens were sacrificed for gonadal examination to confirm the sexes of those indicated by examination of the papillar structure.

Field trial of the technique

On 12 August 1988, a total of 388 juvenile specimens (6.5-10.5 cm TL and weighing 8-18 g) of the three tilapia species were captured from a pond and held in a mosquito net hapa. The fish were transferred in batches of 15-20 at a time into a plastic bucket containing sufficient water from the pond.

The probe was used as previously described to distinguish the sex of the specimens. The time required to sort all of the fish into males and females was noted. The males and females were put into separate mosquito net hapas in a pond immediately after sex determination. Extreme care was taken to avoid inadvertent introduction of a female into the male hapa and vice versa.

After the handsexing operation, 25 of the males and 50 of the females were introduced together into a pond. The rest of the males were released into another pond. The two ponds were inspected regularly for signs of reproduction for a period of 3 months.

Androgen sex reversal

<u>O. niloticus</u> fry of 8-11 mm TL and weighing 0.007-0.010 g were dip-netted from spawning mosquito net hapas in a pond. Five hundred and sixty fry were stocked in each of the two small mosquito net cages (28 cm x 28 cm x 40 cm) suspended in a pond. The fry received 17 x-methyltestosterone (17-MT) at a dosage of

60 mg/kg of dry diet. Another two cages of identical size were suspended in a second pond and 560 fry were stocked in each. The fry in these cages received the control (untreated) diet.

The diets were prepared following the alcohol evaporation method (Guerrero 1975). The treated diet was made by incorporating 17-MT into a mixture of fish meal (30%), rice bran (45%), cotton-seed cake (24%), vitamin premix (0.75%), and salt (0.25%). The alcohol was expelled by air-drying at room temperature. The control diet was prepared in the same way, except that the hormone was excluded. The diets were pulverized into powder and stored in sealed plastic containers at 4°C in a refrigerator.

The diets were administered to the fry at a rate of 10% of total fry biomass, three times daily (0900-1000, 1200-1300, and 1500-1600 hours), for 28 days. The water level in the cages was maintained at 28 cm. This was predetermined when the cages were being designed. There was a device to entrap the diets within the cages.

At the end of the treatment period, survivors in the treated and control groups were transferred into separate mosquito net hapas (90 cm x 90 cm x 120 cm) in the same pond. They received supplementary feed for 60 days.

After the posttreatment growth period, 50 specimens were randomly taken from each of the treated and control groups for growth and sex ratio determinations. They were tranquilized using a chloroform solution and their gonads were removed for examination.

Analyses of variance were used to compare survival and growth differences among the treated and control groups. A chi-square test was used to evaluate whether sex ratios in the treated groups differed from those in the control groups.

Results

Handsexing

O. niloticus, S. galilaeus, and T. zillii were handsexed in the laboratory and in the field by examining the urogenital papilla structure with a probe (dissecting pin).

In the laboratory, the following observations were made. The single opening in the male (the urogenital pore) was found to be identical to one of the two openings in the female (the urinary pore). Both were minute, circular, and approximately terminally situated. The second opening in the female (the oviduct), however, was different. It was seen as an oblique slit, covered by a thin flap, located anterior to the urinary pore. It was possible to lift or roll the flap anteriorly with the probe. Furthermore, upon

insertion, the probe could go farther into the oviduct than into either the urinary pore in the female or the common urogenital pore in the male.

The sexes of the 75 specimens that were sacrificed for gonadal examination agreed with the sex determination based upon examination of the papilla opening(s) using the probe. In medium to large specimens (TL > 11 cm), and in some medium to large specimens, the papilla structure was less prominent or grossly underdeveloped. In such specimens, sex determination based upon the shape of the papilla was not possible. An atypical papilla was bifurcated with a urogenital pore at either tip. These observations indicate that the shape of the papilla alone cannot be used as a criterion to handsex tilapia species for monosex aquaculture.

In the subsequent field trial, 388 juvenile specimens of the three tilapia species, measuring 6.5–10.5 cm TL and weighing 8–18 g, were handsexed. The criterion used in distinguishing the sexes was the presence or absence of the oblique slit (oviduct) in the papilla structure because it proved to be more reliable in the laboratory study. The specimens were separated into males and females at a rate of 4 fish/min. The number of males in the population was 202 and the number of females was 186, giving a female:male ratio of 1:1.1.

Within 3 months after the field trial, reproduction occurred in the pond in which mixed sex stocks were introduced. No sign of reproduction was observed in the pond containing the male stocks. No mortality occurred within the ponds during the 3 months of culturing. This indicates the safety of the technique.

Sex reversal

Results of the androgen treatment of O. niloticus in suspended net cages are summarized in Table 1.

Table 1. Effects of 17-MT treatment on growth and survival of O. niloticus.

Group	Males		Growth after 60 day posttreatment period		% survival after 28 days of treatment
	Number	%	Average TL (cm)	Average weight (g)	
Treated 1	560	96.0	8.73	12.11	98.3
Treated 2	560	98.0	8.85	12.34	99.2
Control 1	560	54.0	8.45	11.89	98.4
Control 2	560	52.0	8.59	12.01	96.8

Survival of the fry after the 28 days of treatment was very high (98.3-99.2%). Mean survival of the treated fry was 98.75%, whereas that of the control fry was 98.40%. The difference was not significant ($P > 0.05$).

Total length and weight of the hormone- (17-MT) treated fish were higher than those of the control fish. After 60 days of posttreatment growth, the treated fish attained mean total lengths and weights of 8.79 cm and 12.23 g. The respective figures for the control fish were 8.52 cm and 11.95 g. The differences were not significant ($P > 0.05$), reflecting only the natural superior growth of the males.

Gonadal examination of treated and control fish did not reveal an ovotestis condition: all gonads were normal.

Sex ratios of the control fish did not deviate significantly from the expected ratio of 1:1 ($P > 0.05$). The mean female:male ratio of the control fish was 1:1.13. The androgen diet significantly altered the sex ratio in the treated fish ($P < 0.05$). The treatment produced 96 and 98% males in the duplicate treated groups. This shows that the sex of O. niloticus was easily reversed by oral administration of 17-MT at a dosage of 60 mg/kg of dry diet over 28 days.

Discussion

Handsexing

The urogenital papilla in tilapia species is a small, fleshy, backward-pointing structure situated in the lower abdomen just behind the anal pore. Maar et al. (1966) showed that the male papilla has a single opening (urogenital pore), whereas the female papilla has two openings (urinary pore and genital pore).

Examination of this sexually dimorphic structure has been carried out to segregate males of tilapia species for aquaculture (Shell 1967; Guerrero and Guerrero 1975). The method has been applied commercially in Israel, where it is reported that one person can segregate 2000 males of 50 g and more during a working day (Lovshin and da Silva 1975). One of the disadvantages of this method is human error. Only 80-90% accuracy is usually achieved, even by skilled workers (Bardach et al. 1972).

In the present study, O. niloticus, S. galilaeus, and T. zillii of 6.5-10.5 cm TL and weighing 8-18 g were easily segregated in the field, with 100% accuracy, by examining the urogenital papilla structure. This was possible using a probe (dissecting pin) to locate and examine the papilla opening(s). Visual examination alone would have resulted in some errors because the papillae were very small and the opening(s) minute and virtually inconspicuous. The rate of handsexing was calculated at 4 fish/min, which

is equivalent to 1920 fish during a normal working day of 8 h. Assuming tilapia populations with a 1:1 sex ratio, as many as 960 males could be segregated by one person in a day using this technique.

The obvious advantages of this technique are that it is reliable and applicable to tilapias much smaller than 50 g. Segregating the males at an early stage of their development will enhance growth.

Sex reversal

Production of male stocks of tilapia species by androgen sex reversal in facilities without natural food has been reported to be feasible on a commercial scale (Koplin et al. 1977; Guerrero 1979). The major disadvantage is that it is rather expensive because it requires the installation of facilities, such as concrete tanks and aquaria, to treat a large number of fry. A less expensive method was tested by Buddle (1984). He sex reversed Oreochromis hybrid fry, using 60 ppm 17-α ethynyltestosterone (17-ET) over 28 days, in net cages suspended in ponds. He obtained 96-99% males. His work has refuted the hypothesis by Yamamoto (1969) that the success of androgen sex reversal in ponds can be interfered with by the presence of natural food. Berger and Rothbard (1987) also produced 97.3 and 99.7% male stocks of another Oreochromis hybrid (white mutant O. mossambicus x O. niloticus), using 17-ET at a dosage of 60 and 120 mg/kg of the diet, respectively, in net cages in ponds.

In the present study, 96 and 98% male stocks of O. niloticus were produced by treating fry with 17-MT at a dosage of 60 mg/kg of dry diet over 28 days in net cages suspended in a pond. The high percentages of males produced in the treated group indicate that naturally occurring food in the pond did not affect the sex-reversal process. This further supports the work of Buddle (1984).

Androgen sex reversal in net cages suspended in ponds results in faster growth because of the presence of natural food (Buddle 1984). Thus, the method has the potential to enhance profitability.

Conclusions

Male stocks of tilapia species of 6.5-10.5 cm TL and weighing 8-18 g can be segregated with 100% accuracy at a rate of 4 fish/min by examining the urogenital papilla structure using a probe (dissecting pin or fine straw). The technique is recommended for application in countries where more sophisticated techniques are either nonexistent or too expensive to apply.

Androgen sex reversal of O. niloticus fry can be achieved in net cages in ponds by oral administration of 17-MT at a dosage of 60 mg/kg of the diet.

References

Bardach, J.E., Ryther, J.H., McLarney, W.O. 1972. Aquaculture: the farming and husbandry of freshwater and marine organisms. Wiley-Interscience, New York, NY, USA. 868 pp.

Berger, A., Rothbard, S. 1987. Androgen induced sex reversal of red tilapia fry stocked in cages within ponds. Bamidgeh, 2(39), 49-57.

Buddle, C.R. 1984. Androgen-induced sex-inversion of Oreochromis (Trewavas) hybrid fry stocked into cages standing in an earthen pond. Aquaculture, 40, 233-239.

Clemens, H.P., Inslee, T. 1968. The production of unisexual broods of Tilapia mossambica sex reversed with methyl-testosterone. Transactions of the American Fisheries Society, 97, 18-21.

Fryer, G., Iles, T.D. 1972. The cichlid fishes of the great lakes of Africa: their biology and evolution. Oliver and Boyd, Edinburgh, Scotland. 641 pp.

Guerrero, R.D. 1975. Use of androgens for the production of all-male Tilapia aurea (Steindachner). Transactions of the American Fisheries Society, 2, 342-348.

——— 1979. Culture of male Tilapia mossambica produced through artificial sex reversal. In Pillay, T.V.R., Dill, W.A., ed., Advances in aquaculture. Fishing News Books Limited, Farnham, Surrey, England, 166-168.

Guerrero, R.D., Guerrero, L.A. 1975. Monosex culture of male and female T. mossambica in ponds at three stocking rates. Kalikasan the Philippine Journal of Biology, 4, 129-134.

Koplin, S.J., Woiwode, J.G., Jenkins, S.E. 1977. The feasibility of commercial production of sex-reversed Sarotherodon mossambicus utilizing flow-through tests at three hatcheries. United States Peace Corps Volunteers, unpublished report. 6 pp.

Lovshin, L.L., da Silva, A.B. 1975. Culture of monosex and hybrid tilapia. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)/Committee on Inland Fisheries of Africa (CIFA), Technical Paper No. 4 (Supplement 1), 548-564.

Maar, A., Mortimer, M.A.E., van der Lingen, I. 1966. Fish culture in East Africa. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy.

Mires, D. 1977. Theoretical and practical aspects of production of all-male Tilapia hybrids. Bamidgeh, 29(3), 94-101.

Owusu-Frimpong, M., Nijjhar, B. 1981. Induced sex reversal in Tilapia nilotica (Cichlidae) with methyltestosterone. Hydrobiologia, 78, 157-160.

Shell, E.W. 1967. Relationship between rate of feeding, rate of growth and rate of conversion in feeding trials with two species of tilapia, Tilapia mossambica (Peters) and Tilapia nilotica (Linnaeus). FAO Fisheries Report, 44(3), 411-415.

van Someren, V.D., Whitehead, P.J. 1960a. The culture of Tilapia nigra (Grunther) in ponds. III. The early growth of males and females at comparable stocking rates, and the length/weight relationship. East African Agriculture and Forestry Journal, 25(3), 169-173.

——— 1960b. The culture of Tilapia nigra (Grunther) in ponds. IV. The seasonal growth of male T. nigra. East African Agriculture and Forestry Journal, 26(2), 79-86.

Yamamoto, T. 1969. Hormonic factors affecting gonadal ex differentiation in fish. General and Comparative Endocrinology, Supplement, 1, 341-345.

PRATIQUE DE L'ÉLEVAGE MONOSEXE DE *TILAPIA NILOTICA* EN MILIEU RURAL EN CÔTE D'IVOIRE

P.F. Galbreath et A.D. Ziehi
Projet de développement de la pisciculture en milieu rural
B.P. 1081, Daloa, Côte d'Ivoire

Résumé *Le Projet de développement de la pisciculture en milieu rural - PNUD/FAO/IVC/87/001 (ministère des Eaux et Forêts) - vulgarise la pratique de l'élevage monosexe-mâle de Tilapia nilotica (TnM) en milieu rural en Côte d'Ivoire. Une collecte et une analyse des données de production pour ces dernières années ont été effectuées. Les résultats indiquent une très grande variabilité dans les mesures des paramètres d'empoissonnement et de productivité recensés, ce qui est normal étant donné le milieu d'intervention.*

À l'exclusion du taux d'empoissonnement qui est, en général, respecté, les autres paramètres d'élevage (durée d'élevage, survie, rendement) s'éloignent des valeurs de référence conseillées par le projet. La durée d'élevage moyenne est plus élevée que celle préconisée; la survie et les mesures de rendement sont inférieures à celles espérées pour les élevages. Les étangs donnent un rendement meilleur lorsque le nourrissage des poissons se fait avec l'aliment 3A qu'avec le son de riz. Le rendement est amélioré aussi par l'association au TnM d'autres espèces (Heterotis niloticus, Clarias gariepinus, et/ou Heterobranchus sp.) en nombre limité.

Les leçons que le service de vulgarisation peut tirer de cette étude sont les suivantes : mieux faire respecter le taux d'empoissonnement et la durée d'élevage conseillés; encourager davantage le compostage des déchets organiques dans les étangs et l'association d'autres espèces en nombre limité avec les TnM; encourager une meilleure gestion des aliments (approvisionnement et nourrissage); et calculer, cas par cas, la rentabilité économique relative à l'utilisation de l'un ou l'autre aliment.

Afin de mieux cerner ces paramètres, aussi bien techniques que socio-économiques, il a été récemment mis sur pied au sein du projet, le Programme pisciculteurs témoins (financé par le CRDI). Ce programme organise un suivi rapproché d'un nombre limité de pisciculteurs modèles. Il y a aussi un aspect de recherche d'accompagnement mené par l'Institut des Savanes (IDESSA) et le Centre ivoirien de recherche économique et sociale (CIRES).

Abstract *The Aquaculture Development Project in Rural Areas - UNDP/FAO/IVC/87-001 (ministère des Eaux et Forêts) - is extending the practice of monosex male Tilapia nilotica (TnM) rearing in rural Côte d'Ivoire. Production data for the past few years have been collected and analyzed. The results indicate very great variability in observed stocking and productivity parameters, which is normal, given the environment.*

Except for the stocking rate which is usually complied with, the other rearing parameters (duration, survival, performance) are far removed from the reference values recommended by the project. The average rearing duration is longer than recommended; survival and performance are lower than hoped. Pond performance is better when the fish are fed diet 3A than when they are fed rice bran. Performance is also improved by association of limited numbers of other species (Heterotis niloticus, Clarias gariepinus, and/or Heterobranchus sp.) with TnM.

The following lessons are to be learned from this study: the recommended stocking rate and the rearing duration should be more closely observed; there should be more encouragement of composting organic wastes in the ponds and associating other species with TnM in limited numbers; improved food management (supplies and feeding) should also be encouraged; and the profitability of using one feed or another should be calculated on a case-by-case basis.

To clarify these technical and socio-economic parameters, the (IDRC-funded) Survey of Fish Breeders Program was recently set up as part of the project. This program involves a close follow-up of a limited number of model fish farmers. Complementary research is also being conducted by the Institut des Savanes (IDESSA) and the Centre ivoirien de recherche économique et sociale (CIRES).

Introduction

Le Projet de développement de la pisciculture en milieu rural a été créé en 1979 afin d'organiser, au sein du Service de pêche et pisciculture (ministère des Eaux et Forêts), un service spécialisé dans la vulgarisation de la pisciculture en milieu rural. Un nombre important d'agents ont suivi des stages de formation et de recyclage dans le domaine, et un programme de vulgarisation de la pisciculture familiale a débuté sur le terrain. Dans l'espace de 2 ou 3 ans, un grand nombre d'étangs ont été construits par les paysans encadrés par le service. Il s'est avéré, cependant, que la pisciculture familiale (un ou deux étangs par pisciculteur, élevage sexes mixtes de Tilapia nilotica (Tn), production prévue en premier lieu pour l'autoconsommation) ne satisfaisait pas aux aspirations plutôt commerciales des paysans. Les poissons ainsi élevés étaient nombreux, mais trop petits pour la vente. Par conséquent, les efforts du service se sont davantage portés sur la vulgarisation d'un système d'élevage monosexe mâle

(TnM) qui pourrait produire des poissons d'une taille commercialisable.

Le système d'élevage monosexe vulgarisé est le suivant : les alevins de Tn, venant d'un étang de ponte/stockage, sont mis dans un étang de prégrossissement où, au bout de 2 à 3 mois, ils atteignent une taille de 30 à 40 g/poisson ("fingerling"). Ces fingerlings sont ensuite récoltés et sexés, et les mâles (TnM) sont transférés dans les étangs de production à un taux de 200 TnM/are. La durée du cycle de production est de 6 à 8 mois. Les étangs sont fertilisés avec des déchets organiques (fumiers, déchets ménagers, etc.) placés dans des compostières - des petits enclos à l'intérieur des étangs. Le nourrissage se fait soit avec du son de riz (un sous-produit agricole disponible en quantités relativement grandes, surtout dans les zones forestières de l'ouest et du centre-ouest), dont le prix varie de 0 à 10 F CFA/kg, soit avec de l'aliment (3A) produit et distribué par le Projet. L'aliment 3A est constitué d'un mélange de farine à base de riz (70 %), de tourteau de coton (20 %), et de farine de poisson (10 %); son prix est de 42 F CFA/kg. Des poissons d'un poids individuel de 200 g/poisson, produits au bout du cycle, sont considérés comme aisément commercialisables et se vendent entre 400 et 800 F CFA/kg, suivant la région et la saison.

De façon générale, les pisciculteurs qui ont adopté ce nouveau système d'élevage l'ont trouvé très intéressant. Les quantités de poissons et leur plus grande taille par rapport à ceux produits en élevage sexes mixtes les ont encouragés à s'intéresser davantage à la gestion de leurs étangs et à en construire de nouveaux. Après ces premiers essais d'élevage monosexe sur le terrain, il y a eu pour le service un besoin de mieux connaître et de quantifier le niveau de production réalisé par ces pisciculteurs et, également, de situer ce niveau en fonction du type d'aliment utilisé (son de riz, ou 3A). Aussi a-t-il été nécessaire de connaître les lacunes dans la pratique de cet élevage, afin de les corriger et de présenter aux nouveaux candidats pisciculteurs, avec plus de réalisme, ce que peut apporter la pisciculture à un paysan ivoirien. C'est ainsi que les données de production du rencensement, venant spécifiquement des pisciculteurs qui ont adopté l'élevage monosexe, ont été recueillies par les encadreurs du service.

Matériel et méthodes

Le Service de vulgarisation est organisé suivant l'organigramme habituel du ministère des Eaux et Forêts. Celui-ci divise chaque grande région du pays en départements piscicoles, avec une section piscicole dans chacun d'eux. Au sein des sections, les agents de vulgarisation de base sur le terrain sont les encadreurs (du grade préposé). Afin de mieux suivre l'évolution du travail des pisciculteurs qu'ils encadrent, ces agents tiennent des fiches pour chaque étang en production, et ils communiquent un résumé de

leurs activités dans un rapport mensuel adressé à leurs chefs hiérarchiques.

La collecte des données du recensement a été effectuée en interrogeant chacun des encadreurs ayant introduit l'élevage monosexe auprès de leurs pisciculteurs, à l'appui de leurs rapports mensuels et de leurs fiches d'étangs. On trouvera en Annexe un exemple du formulaire utilisé pour la collecte des données de la présente étude. Seules les données relatives aux cycles de production dans les étangs, pour lesquels la superficie, les dates et les mesures de poids de TnM à la mise en charge et à la récolte sont complétés et fiables, ont été retenues. Dans le cas des cycles de production pour lesquels les données essentielles sont complètes mais où il y a eu un événement qui a bouleversé le déroulement du cycle, tel que le vol de poissons ou la négligence sérieuse de la gestion de l'étang de la part du pisciculteur, les données pour ces cycles n'ont pas été retenues.

Pour certaines informations manquantes, telles que le QN, le nombre ou le poids moyen à l'empoissonnement pour des poissons autres que les TnM, etc., les données ont été marquées «non disponibles». Pour plusieurs cycles, les données des TnM ont été disponibles, mais pas les données de la production de Tn alevins, ou des espèces associées (les silures, hétérotis, etc.) qui ont fait partie de la récolte. Dans ces cas, la production pour ces poissons a été marquée «0». (Évidemment, ceci implique une sous-estimation de l'importance de cette partie de la production totale dans l'analyse des résultats.)

À l'aide des données recueillies, des calculs de rendement et de croissance ont été effectués; ceux-ci sont indiqués par un «*» dans le formulaire (voir Annexe). Les valeurs de rendement représentent le rendement net (le poids de la mise en charge est déduit du poids total de la récolte), sauf pour le rendement total commercialisable, où le poids de la mise en charge n'a pas été déduit. Les données des cycles recensés ont été divisées en deux groupes, suivant le type utilisé (3A ou son de riz), avant de faire les analyses de chacun de ces groupes.

Résultats

Le Tableau 1 présente une récapitulation des principaux résultats de cette étude.

Étude du niveau de production

La superficie moyenne des étangs recensés est de 3,5 ares/étang à l'exception des étangs du Groupement à vocation coopérative (GVC) de Nambékaha, dans la section de Korhogo, qui sont de 8,0 ares/étang.

Tableau 1. Principaux résultats de l'élevage monosexe mâle de *Tilapia nilotica*.

Paramètre	Son de riz		Aliment 3A	
	Tous	Taux d'empoissonnement limité	Tous	Taux d'empoissonnement limité
Nombre d'observations	29	17	76	33
Nombre de pisciculteurs	14	8	43	22
Taux d'empoissonnement (nombre/are)	177 ± 68	196 ± 25	241 ± 98	207 ± 26
Poids moyen TnM d'empoissonnement (g/poisson)	61 ± 31	53 ± 26	59 ± 33	59 ± 30
Durée d'élevage (jours)	258 ± 104	268 ± 117	288 ± 110	254 ± 79
Survie de TnM (%)	86 ± 14	87 ± 15	81 ± 16	82 ± 16
Rendement net TnM (kg/are par an)	26 ± 16	29 ± 14	40 ± 22	44 ± 20
Gain journalier TnM (g/jour)	0,50 ± 0,18	0,52 ± 0,19	0,69 ± 0,40	0,78 ± 0,30
Poids moyen TnM récolte (g/poisson)	182 ± 38	179 ± 38	227 ± 56	244 ± 56
Rendement total net (kg/are par an)	35 ± 21	39 ± 19	49 ± 26	52 ± 22
Rendement total commercialisable (kg/are par an)	46 ± 24	49 ± 21	63 ± 33	67 ± 30

Le taux d'empoissonnement de TnM des étangs est de 177 ± 68 poissons/are pour les étangs nourris au son de riz, et de 241 ± 98 poissons/are pour 3A (Fig. 1). La moyenne tournait effectivement autour du taux conseillé de 200 poissons/are, mais avec une très grande variabilité. Des extrêmes dans le taux d'empoissonnement vont évidemment réduire le rendement net d'un étang. Cet effet semble illustré dans le graphique du rapport entre le taux d'empoissonnement et le rendement de TnM (son) (Fig. 2). Dans le graphique des poissons nourris au 3A (Fig. 3), cet effet ne se voit pas. Une expérience de recherche avec des contrôles sur les autres paramètres de l'élevage serait très utile au service, surtout dans la gamme des taux de 200 à 400 poissons/are.

Le poids moyen des TnM à l'empoissonnement est d'environ 60 g/poisson (Fig. 4). Ceci est plus élevé que le poids d'un fingerling sortant d'un étang de prégrossissement après un cycle de 2 à 3 mois. Ce fait est dû à l'utilisation, pour plusieurs cycles, de poissons sortant des étangs préalablement en production de sexes mixtes où ils n'ont pas encore atteint une taille commercialisable, ou de poissons sortant d'un étang de stockage où ils ont longtemps séjourné.

La durée d'élevage moyenne est de 8,5 à 9,5 ± 3 mois (Fig. 5). Ceci dépasse la durée de 6 à 8 mois conseillée par le Projet. Trois raisons sont en cause :

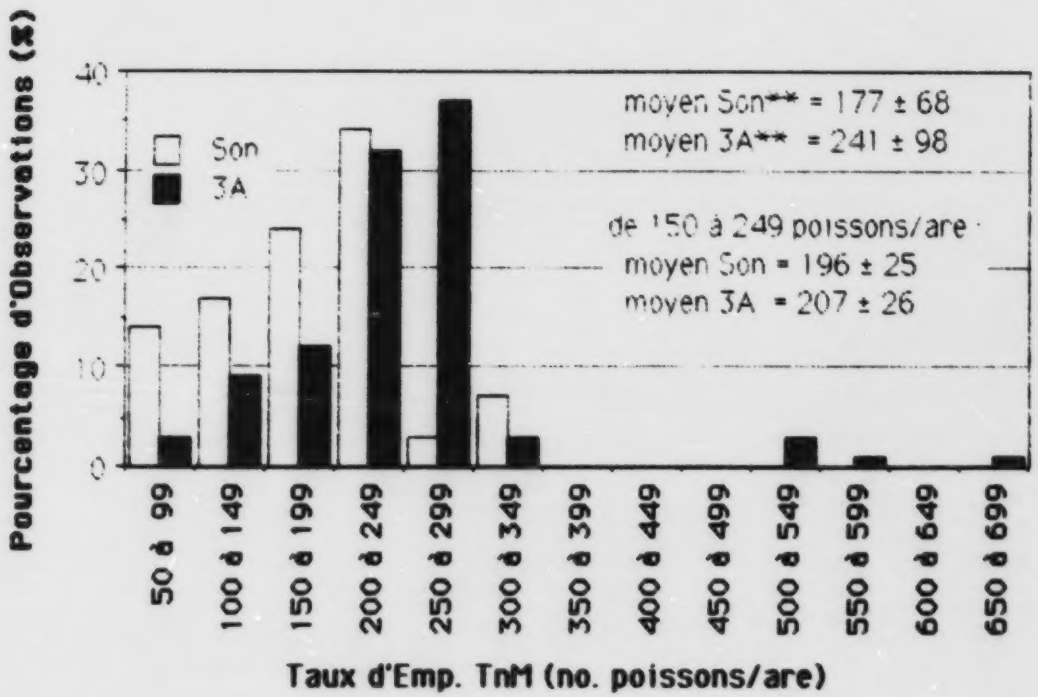


Fig. 1. Taux d'empoissonnement de TnM.

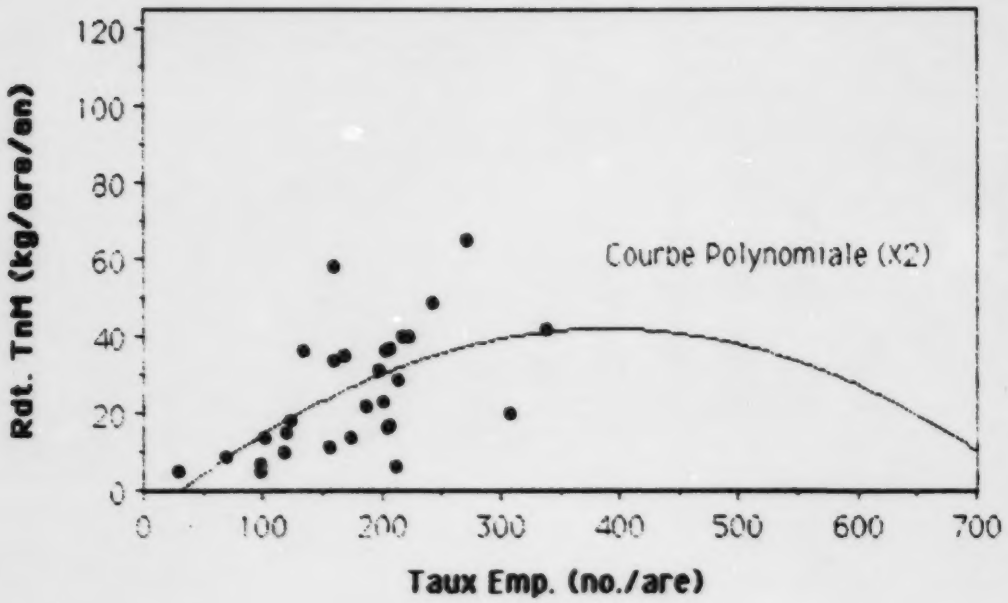


Fig. 2. Rapport : taux d'empoissonnement de TnM (nombre) - rendement TnM (son).

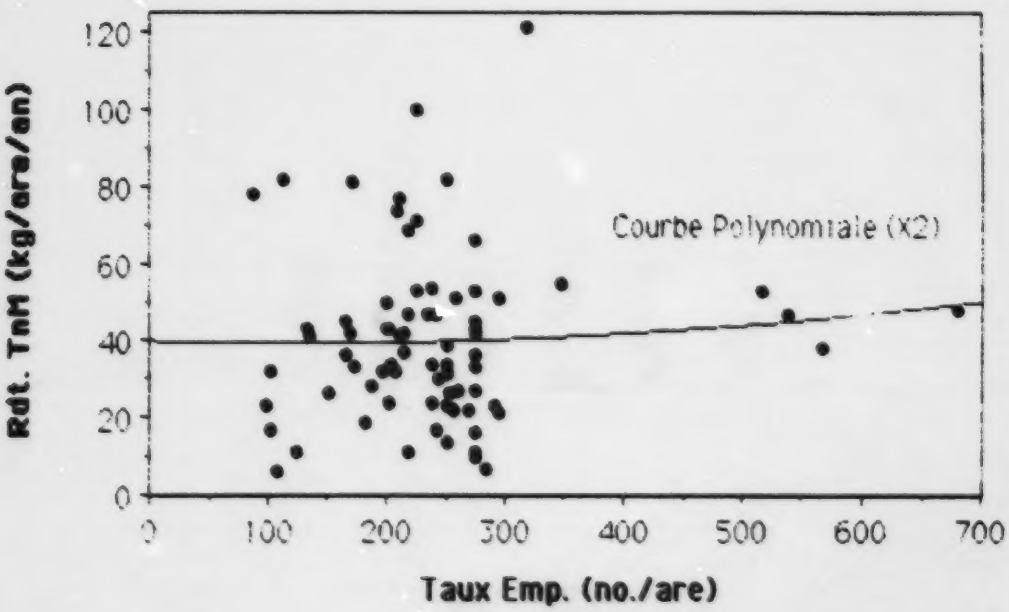


Fig. 3. Rapport : taux d'empoissonnement TnM (nombre) - rendement TnM (aliment 3A).

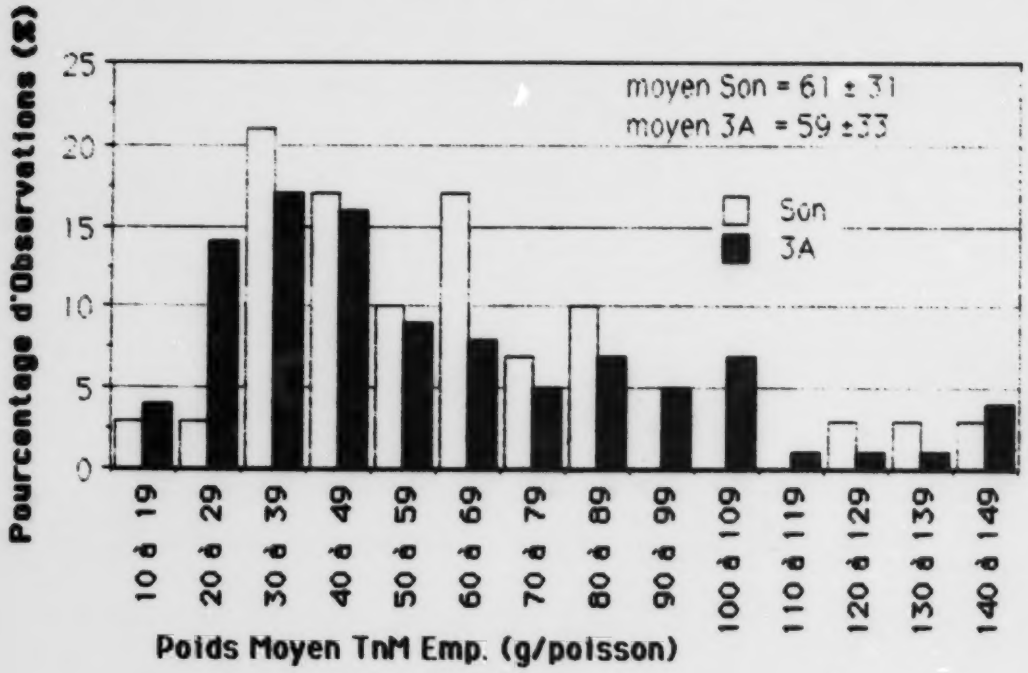


Fig. 4. Poids moyen TnM à l'empoissonnement.

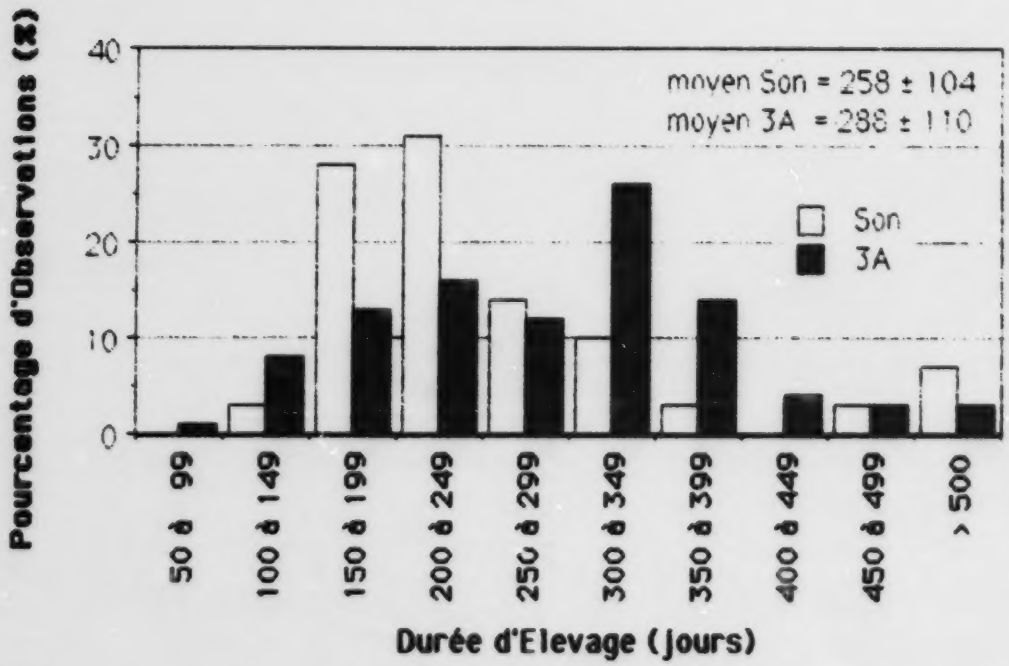


Fig. 5. Durée d'élevage.

- le pisciculteur a simplement négligé la gestion de ses étangs;
- la croissance des poissons étant souvent plus faible que prévue, le cycle a été prolongé afin de grossir les poissons davantage, jusqu'à une taille commercialisable; ou
- le cycle a été prolongé afin d'éviter les récoltes qui coïncident avec la période d'août à septembre, lorsque la pêche des grands lacs est très productive.

Le fait de trop prolonger la durée d'élevage peut, cependant, être nuisible à la productivité des étangs piscicoles. Il y aura une diminution croissante de la survie de poissons avec un retard exagéré de la récolte, dû à une mortalité pour causes de prédation ou de vol. Cet effet semble bien illustré dans le graphique du rapport durée/survie (3A) (Fig. 6), bien que ceci ne soit pas le cas pour le rapport des données avec le son de riz (Fig. 7).

Un prolongement exagéré de la durée de production d'un étang réduira également le rendement de cet étang. La réduction est liée à une baisse de la survie des poissons et/ou à une diminution de leur taux de croissance. La croissance ralentit suite à une dégradation des facteurs limnologiques du milieu, provoquée par l'apport d'aliment qui devient de plus en plus important. Ces effets sont illustrés dans les graphiques du rapport durée/rendement TnM pour les données associées aux deux types d'aliments (Fig. 8 et 9). Une étude sur l'interaction de la durée d'élevage (en particulier, dans la fourchette de 6 à 10 mois) et la survie avec le rendement de poissons commercialisables serait un sujet de recherche très utile au Service de vulgarisation. Ceci pourrait se faire d'une manière mieux contrôlée et, par conséquent, fournir des indications plus précises par une expérience de recherche que par un recensement de données sur le terrain.

La survie des TnM à la fin du cycle est en moyenne de 80 à 90 % (Fig. 10). La survie espérée par le Projet est de 90 à 100 %. La différence explique, en partie, les niveaux de rendement plus faibles que ceux préconisés. Tel que mentionné ci-dessus, la réduction de la survie provient souvent d'un prolongement de la durée de production. Parfois, elle est due à une mauvaise manipulation des poissons lors de la mise en charge. Dans certains cas, cependant, les valeurs de survie sont sous-estimées; il y a eu des cycles pour lesquels des pêches intermédiaires de poissons n'ont pas été enregistrées.

Le niveau de production de TnM dans les étangs recensés est, en général, plus bas que celui espéré par le Projet. Les moyennes du rendement net TnM sont de 26 kg/are par an (son) et de 40 kg/are par an (3A), au lieu de 60 et de 80 kg/are par an, respectivement, préconisés (Fig. 11). Les moyennes du taux de croissance journalier des TnM sont de 0,50 g/poisson (son) et 0,69 g/poisson (3A), au lieu de 0,70 et 1,00 g/poisson (Fig. 12).

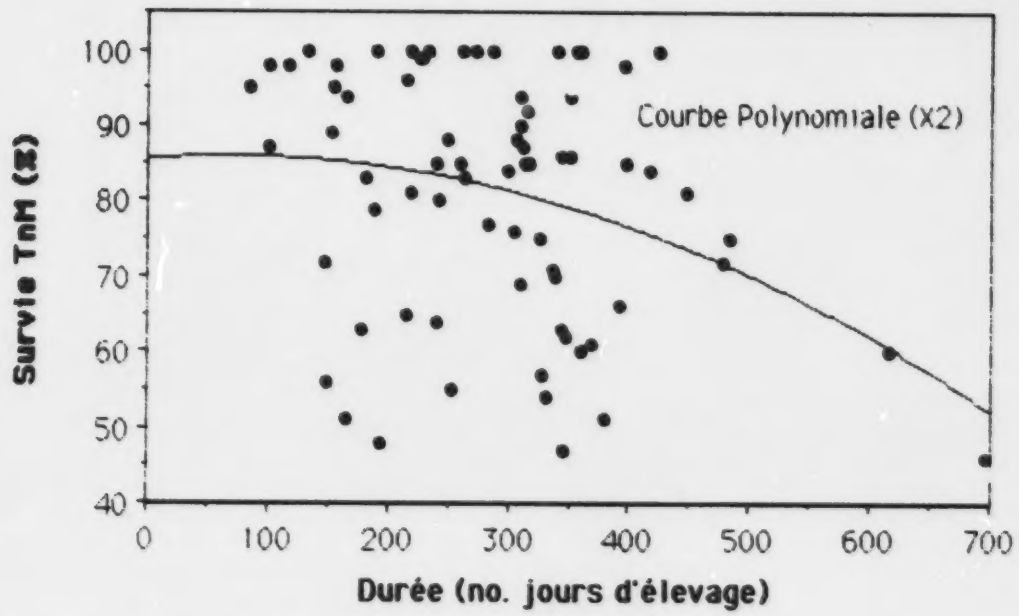


Fig. 6. Rapport : durée - survie TnM (aliment 3A).

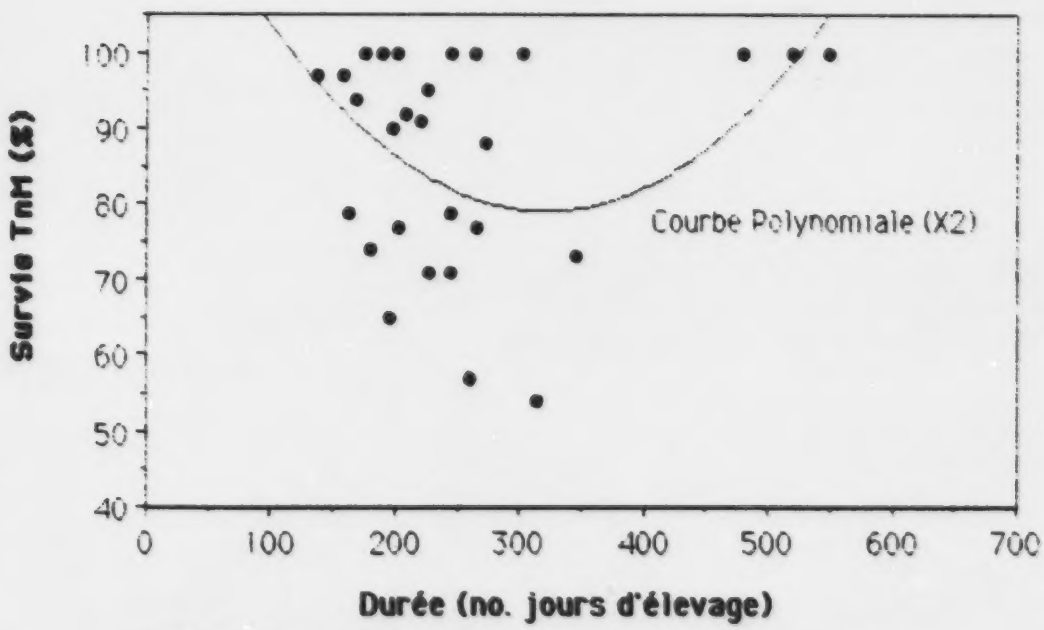


Fig. 7. Rapport : durée - survie TnM (son).

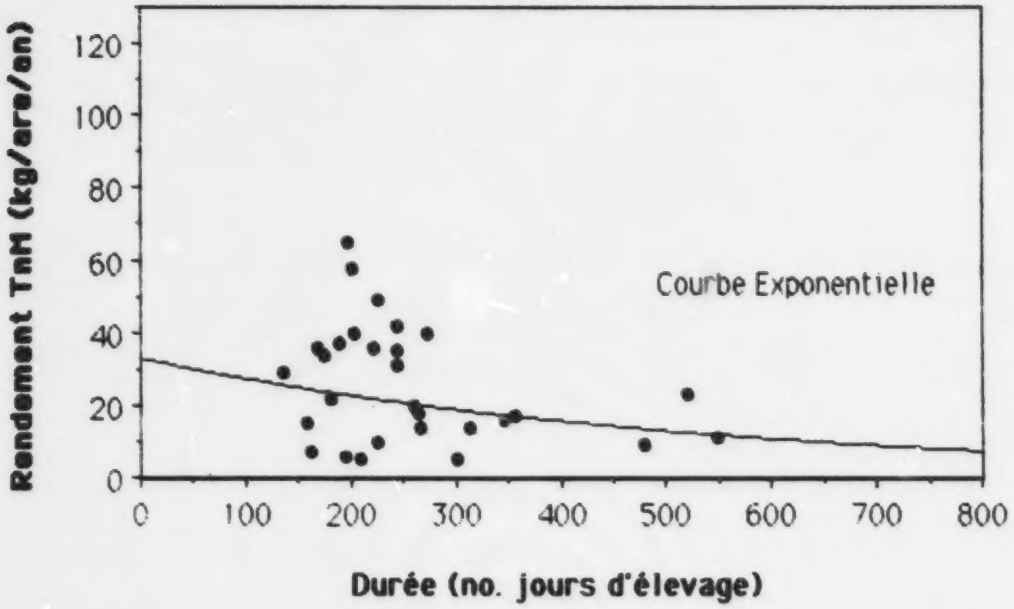


Fig. 8. Rapport : durée - rendement TnM (son).

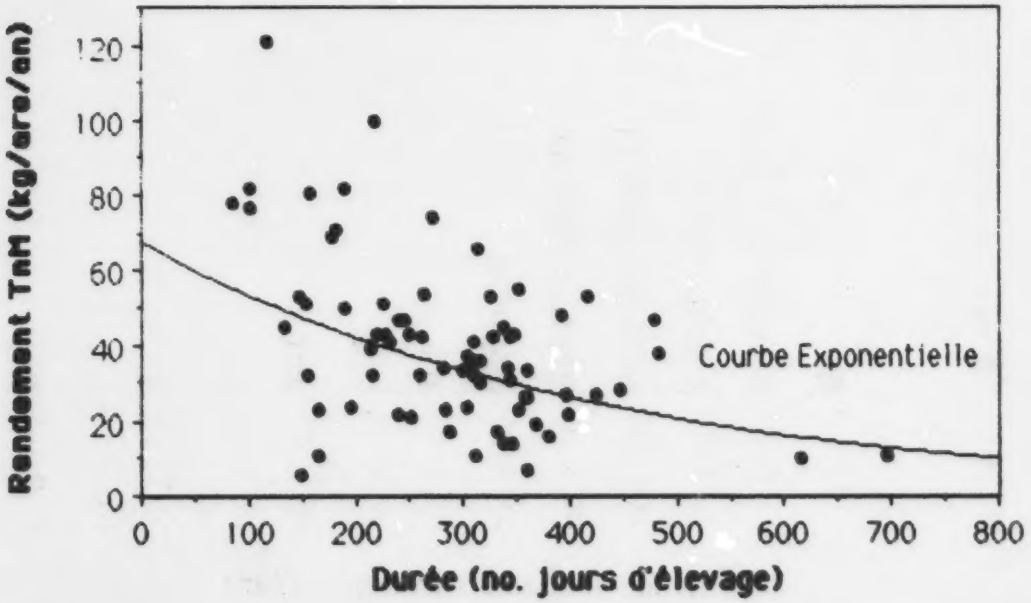


Fig. 9. Rapport : durée - rendement TnM (aliment 3A).

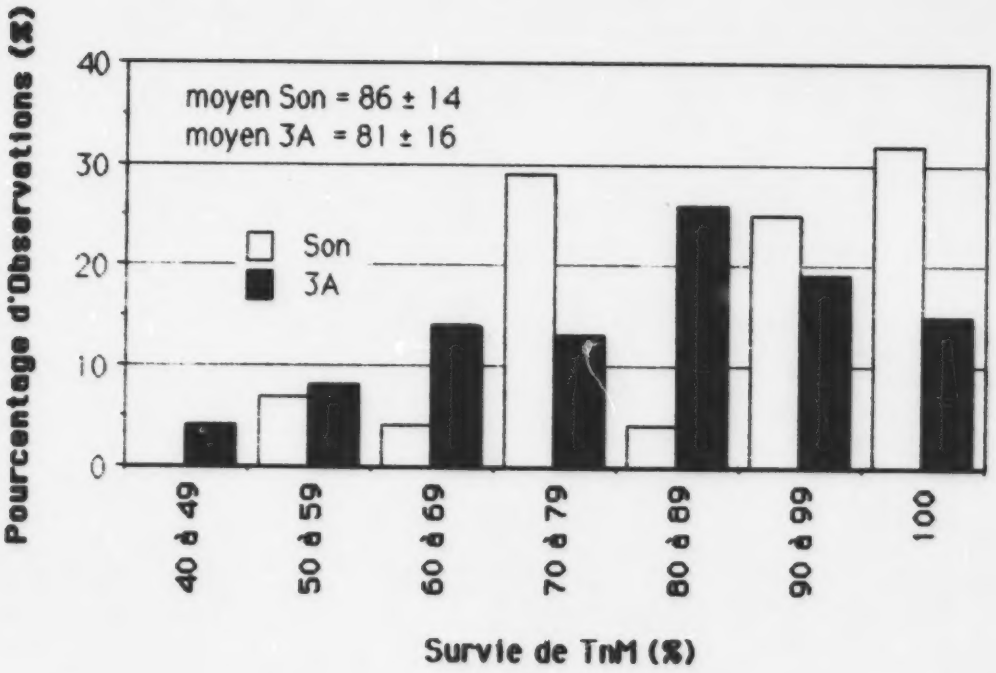


Fig. 10. Survie de TnM.

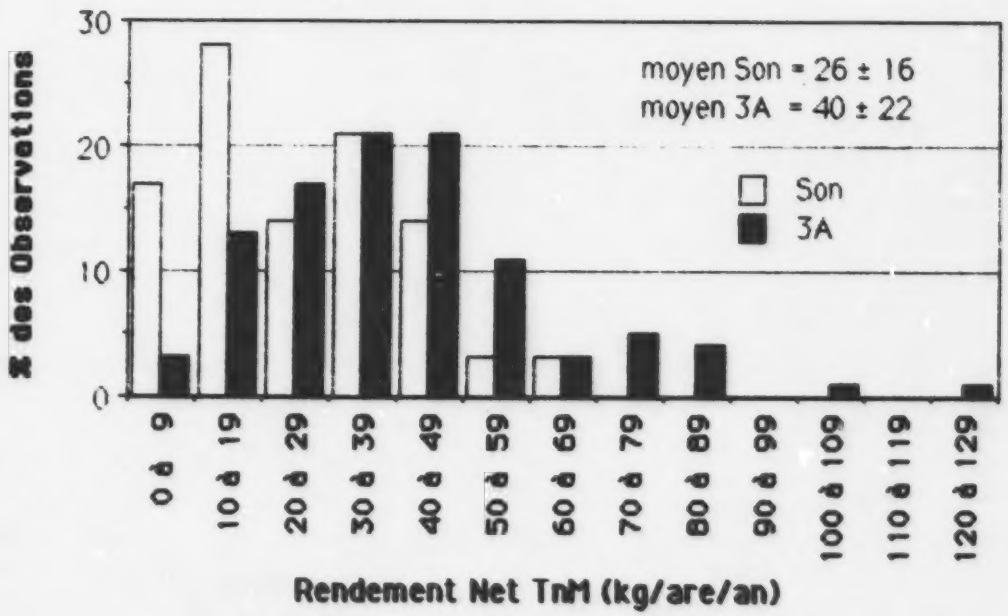


Fig. 11. Rendement net TnM.

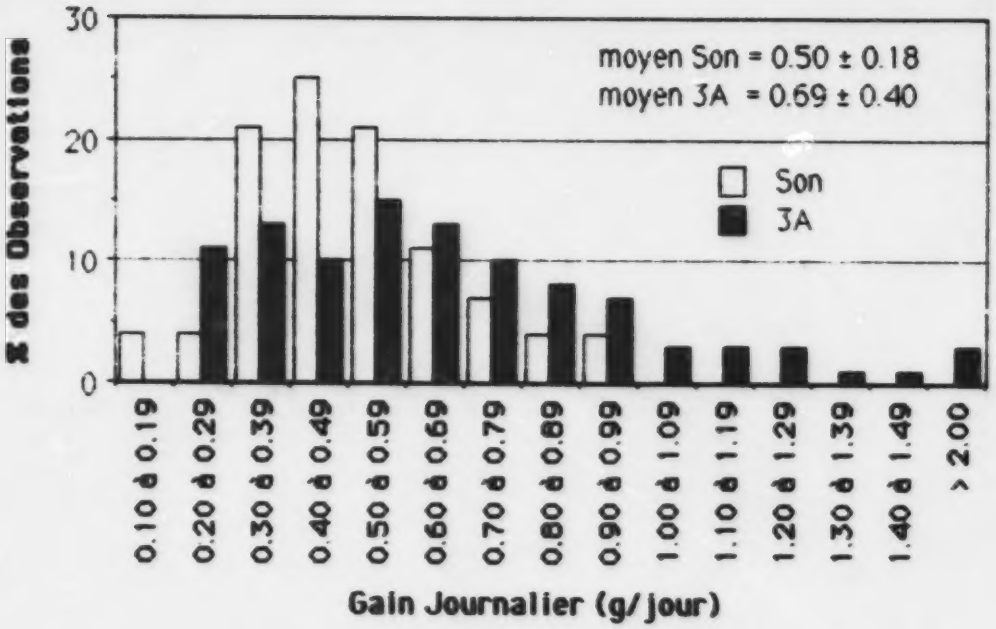


Fig. 12. Gain journalier TnM.

Il est estimé que, parmi les facteurs responsables de cette croissance relativement réduite, la sous-alimentation des poissons en soit le plus important. Les paysans n'ont souvent pas une appréciation suffisante de l'importance de l'alimentation des poissons sur la rentabilité de leurs exploitations. Nombreux sont les cas où il y a eu des ruptures de stock d'aliment sur la ferme, par manque de prévision pour l'achat et le transport. Parfois, le Projet lui-même est en cause, par l'irrégularité dans la disponibilité de l'aliment 3A au niveau des sections. Parfois aussi, les pisciculteurs réduisent le taux d'alimentation conseillé, en mélangent le 3A avec du son de riz par mesure supposée d'économie.

En plus du besoin d'améliorer le nourrissage des poissons, il est ressorti du recensement que l'apport de matières organiques (fumiers, déchets ménagers, etc.) pour le compostage est souvent très irrégulier. Ces déchets jouent un rôle tant d'aliment que d'engrais, et ils sont souvent très bon marché. Dès l'adoption d'un apport supplémentaire d'aliments, la plupart des pisciculteurs et les agents du Service de vulgarisation ont tendance à oublier l'importance et la rentabilité économique de l'utilisation de ces déchets.

Les poids moyens des TnM lors des récoltes sont de 182 ± 38 g/poisson (son) et de 227 ± 56 g/poisson (3A), ce qui avoisine le poids de 200 g/poisson préconisé par le Projet (Fig. 13).

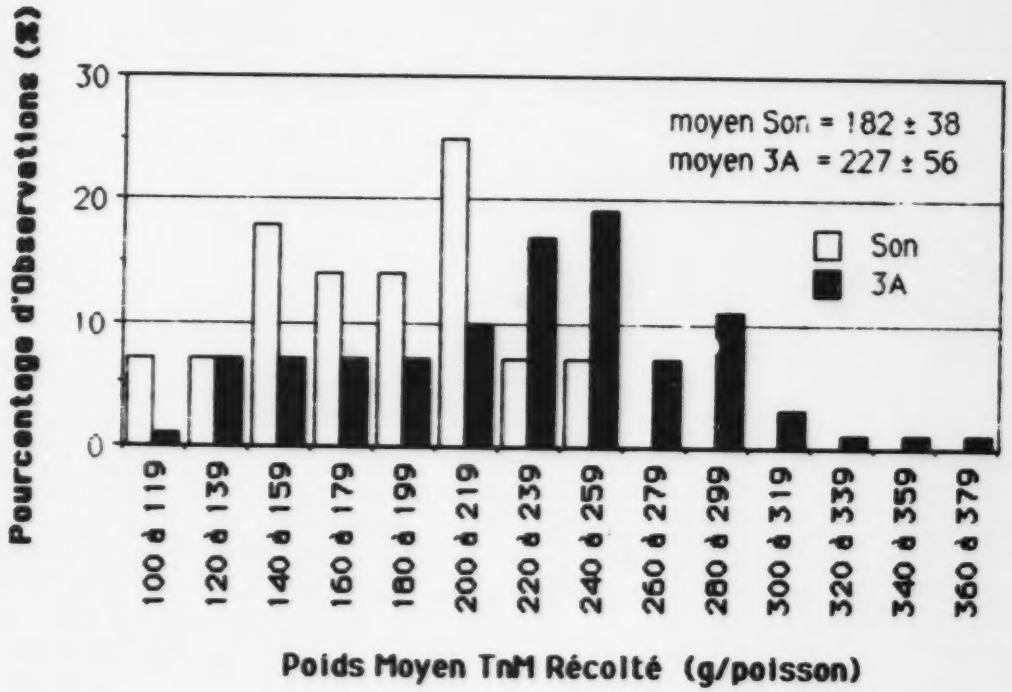


Fig. 13. Poids moyen TnM récolté.

Les calculs de rendement net total donnent des moyennes de 35 ± 21 kg/are par an avec son de riz, et de 49 ± 26 kg/are par an avec 3A (Fig. 14). Ici encore, la variabilité est très grande et le niveau est un peu plus bas comparativement à celui du modèle vulgarisé.

L'augmentation du rendement total net sur le rendement net TnM représente l'augmentation due à la production d'alevins de Tn, suite aux erreurs de sexage et à la production supplémentaire d'autres poissons (silures, hétérotis, etc.). Cette augmentation est de 9 kg/are par an avec son de riz et également avec 3A, représentant une amélioration du rendement de 35 et 20 %, respectivement. Ce qui est très intéressant est que cette augmentation n'a pas été réalisée au détriment de la production des TnM. Il n'y a pas eu de différence entre le rendement net TnM pour les étangs empoissonnés seulement avec TnM, et le rendement net TnM des étangs où il y a eu un empoissonnement avec des alevins d'autres poissons supplémentaires. Étant donné qu'il n'y a pas eu, non plus, de différences dans les taux de nourrissage, l'amélioration du rendement net total n'a coûté que le prix d'achat ou de capture des alevins de ces poissons supplémentaires. L'addition des poissons supplémentaires a ainsi augmenté de manière significative la rentabilité de ces cycles d'élevage.

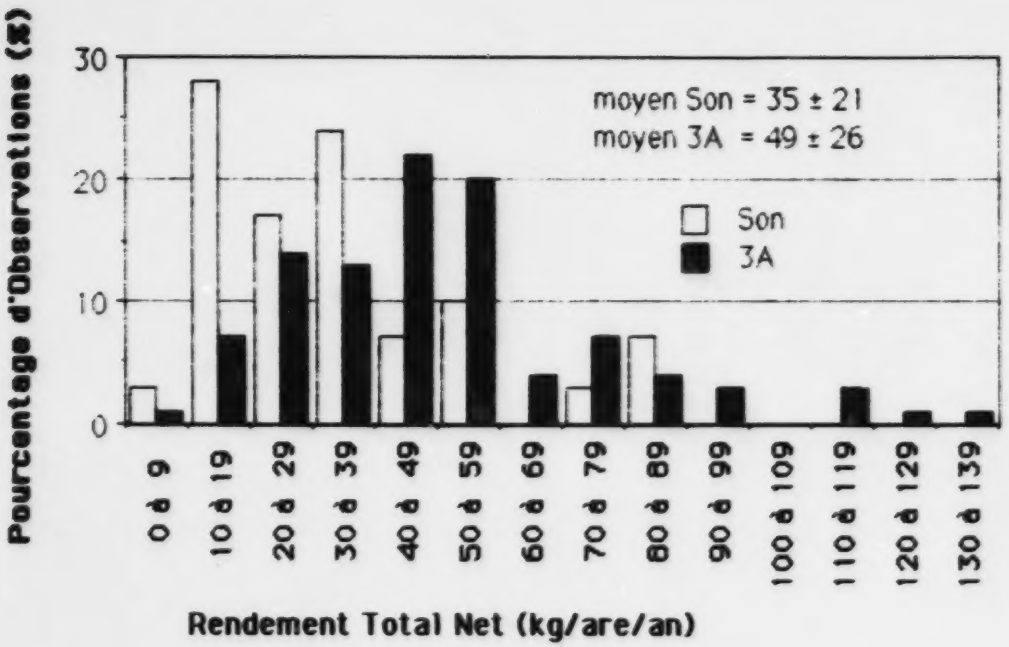


Fig. 14. Rendement total net.

Les calculs de rendement total commercialisable indiquent des moyennes de 46 ± 24 kg/are par an pour le son de riz, et de 63 ± 33 kg/are par an pour 3A (Fig. 15). Ces calculs sont faits sur la base du poids total de tous les poissons récoltés de taille commercialisable, sans déduire le poids de la mise en charge - ceci afin d'évaluer la valeur commerciale totale de poissons venant des étangs de production. La présence des étangs de ponte/stockage et de prégrossissement pour servir ces étangs de production en fingerlings mâles est sous-entendue.

Étude comparative des performances des deux types d'aliment

Le deuxième objectif de cette étude est de comparer les résultats de production de TnM obtenus avec les deux types d'aliment utilisés par les pisciculteurs - le son de riz et l'aliment 3A. Le choix du type d'aliment se pose particulièrement dans les régions forestières de l'ouest et du centre-ouest (Daloa, Gagnoa, Man, etc.), où il y a normalement une abondance de son de riz disponible, ce qui n'est pas le cas dans la zone savane. La fréquence d'utilisation des deux aliments dans les différentes Sections piscicoles est présentée à la Figure 16.

Pour que la comparaison des données de productivité obtenues selon l'aliment utilisé soit valable, il faut d'abord que les paramètres qui concernent l'empoissonnement et le déroulement du cycle de production pour les deux groupes soient semblables. (Il

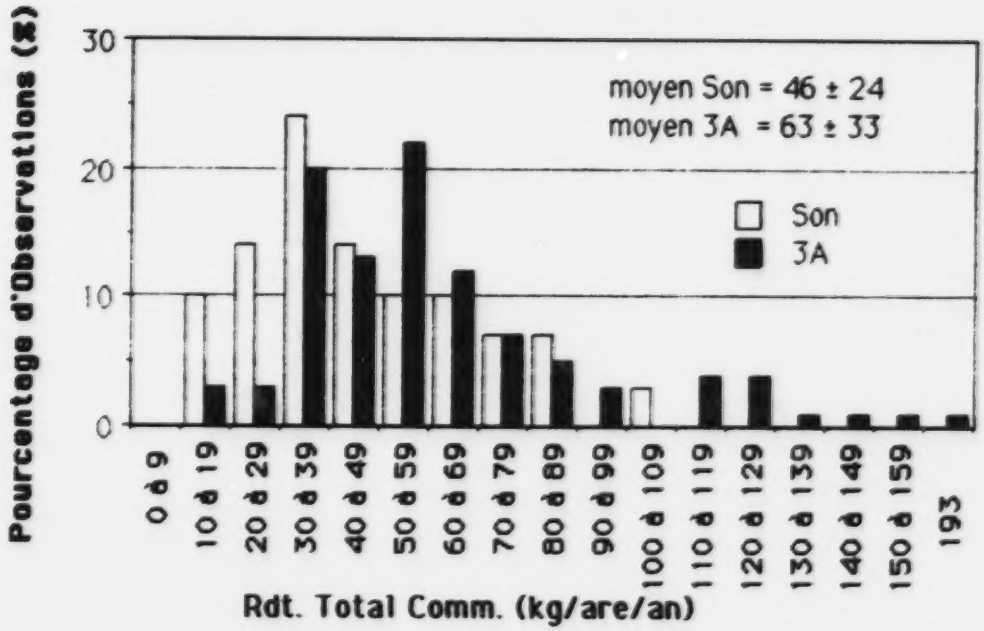


Fig. 15. Rendement total commercialisable.

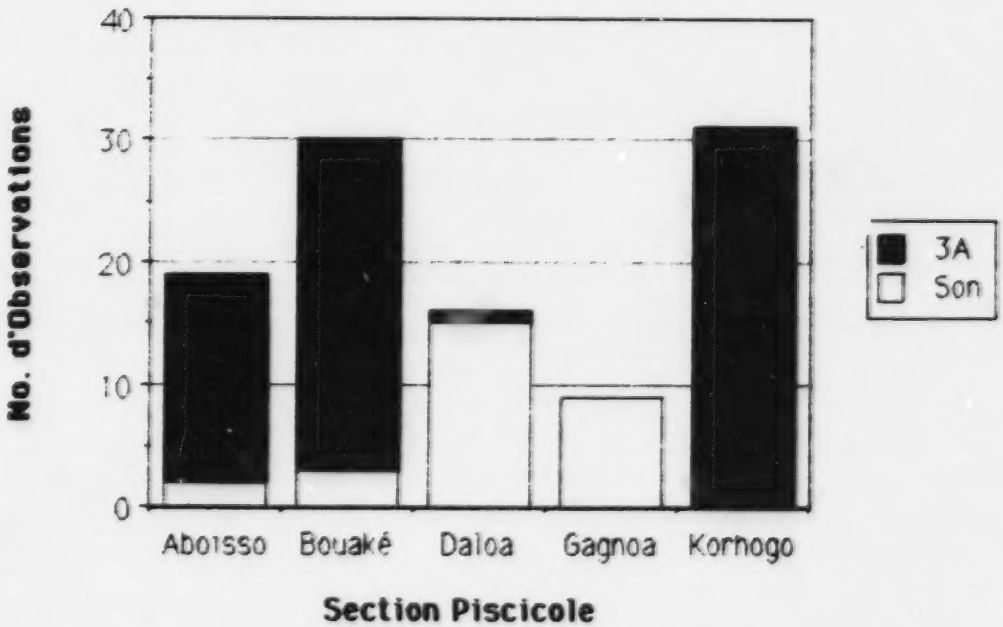


Fig. 16. Utilisation des aliments - Section piscicole.

y a une différence significative dans les superficies moyennes des étangs entre les deux cas, mais cette différence n'est pas suffisante pour influencer le niveau de productivité.) Une analyse de variance (ANOVA) des taux d'empoissonnement des deux groupes de données indiquent, cependant, une différence significative. (Une limite de confiance de 95 % a été utilisée pour toutes les analyses de variance dans cette étude.) C'est ainsi qu'une fourchette de 150 à 249 TnM/are a été choisie afin de voir si, en éliminant les cas extrêmes, les données seraient suffisamment semblables pour ensuite permettre une analyse des mesures de productivité. Limitées par cette fourchette, les moyennes de taux d'empoissonnement de TnM pour le son de riz sont de 207 $\pm$ 25 poissons/are, et pour 3A, elles sont de 196 $\pm$ 25 poissons/are; il n'y a donc pas de différences significatives. Les ANOVA calculées pour le poids moyen de TnM à l'empoissonnement pour la durée de l'élevage et pour la survie de TnM (pour les données des cycles limités par cette fourchette de taux d'empoissonnement) ne révèlent pas non plus de différences significatives entre les données pour le son de riz par rapport au 3A (Tableau 1).

Ensuite, l'analyse des mesures de productivité (poids moyen final TnM, rendement net TnM, gain journalier TnM, rendement net total, et rendement total commercialisable) relative à l'utilisation des deux aliments démontre systématiquement la supériorité du 3A (Tableau 1).

La supériorité de ces mesures de productivité obtenues avec le 3A est tout à fait logique, vu sa meilleure qualité nutritive par rapport au son de riz. Mais ceci ne veut pas forcément dire que le 3A peut mieux rentabiliser l'élevage d'un pisciculteur. Les prix d'achat et de transport du son de riz sont parfois très inférieurs par rapport au 3A. Il est nécessaire de faire un calcul de rentabilité en prenant en compte ces différences de productivité par rapport aux prix d'achat et de transport d'aliment et au prix de vente des poissons pour chaque pisciculteur, où les deux aliments sont disponibles et ce, afin de choisir l'aliment qui serait le plus avantageux.

Il est à noter que de tels calculs nécessitent une estimation du quotient nutritif (QN); or, aucun calcul fiable de QN n'a pu être recensé. Un contrôle si rapproché des activités journalières des pisciculteurs, afin de mesurer systématiquement les quantités d'aliments données, n'est pas faisable par un encadreur. On est contraint d'utiliser des estimations de QN obtenues des expériences de recherche réalisées avec ces aliments par le Projet et d'autres centres de recherche.

Conclusion

Il y a plusieurs leçons à tirer des résultats de cette étude pour le Service de vulgarisation :

- le besoin des encadreurs de mieux faire respecter, par les pisciculteurs, leurs conseils quant au taux d'empoissonnement et à la durée d'élevage;

- le besoin d'encourager l'addition d'un nombre limité d'alevins d'autres espèces (hétérotis, silures, etc.) afin de mieux exploiter le potentiel de productivité de l'étang;

- le besoin d'encourager une meilleure utilisation des déchets organiques (fumiers, déchets ménagers, etc.) dans les étangs;

- le besoin d'assurer un meilleur approvisionnement en aliment par les paysans et un meilleur respect du taux de nourrissage conseillé;

- le besoin d'analyser, cas par cas, la rentabilité économique respective à l'utilisation des deux types d'aliments.

À part ces améliorations dans la méthode d'élevage monosexe de TnM appliquée par les paysans, il y a certains aspects de cette méthode qui nécessitent encore plus d'éclaircissements. Il y a le besoin de mieux préciser l'interaction du taux d'empoissonnement de TnM (particulièrement dans la gamme des 200 à 400 poissons/are) et de la durée d'élevage (dans la gamme de 6 à 10 mois) par rapport au rendement de poissons commercialisables. Il serait utile de mieux définir l'effet sur le rendement des apports réguliers de matières organiques et d'avoir de meilleures précisions sur le QN des aliments.

La présente étude vise surtout les aspects techniques de l'élevage, mais il y a des aspects socio-économiques qui restent mal définis : rentabilité économique de l'élevage de poissons en fonction de la variabilité des prix des aliments, des prix de vente des poissons, et des autres activités agricoles des paysans, etc.

C'est dans le but, entre autres, d'une recherche sur ces différents aspects techniques et socio-économiques qu'a été mis en place le Programme pisciculteurs témoins. Ce programme, financé par le Centre de recherches pour le développement international (CRDI) et qui a débuté en 1987, coordonne certaines activités du Projet, de l'Institut des savanes (IDESSA), et du Centre ivoirien de recherches économiques et sociales (CIRES). Au sein des activités du Projet, ce programme organise un suivi rapproché d'un nombre limité de pisciculteurs modèles. Ce suivi permettra d'obtenir à la fois une base de données techniques plus fiables et plus approfondies venant du terrain, et créera un noyau de pisciculteurs hautement formés et performants, qui peuvent servir de témoins aux autres paysans relativement à ce que peut apporter la pisciculture.

À l'IDESSA, une série d'expériences de recherche d'accompagnement est déjà en cours. Ces expériences sont conçues pour

évaluer les différents aspects techniques pour lesquels on manque de précision, tels ceux cités ci-dessus. Avec le CIRES, une étude est également en cours, dont l'objet est d'étudier l'impact socio-économique de la pisciculture tant sur les paysans qui la pratiquent que sur le milieu rural en général.

Annexe

Fiche d'étangs de production en élevage monosexe TnM

Nom de Pisciculteur: _____

Numéro Pisci.	Pisci. Témoin	Section	Poste	Numéro Etang	Super. (ares)	Type Elevage	Aliment	
							Type	Qn

Empoissonnement							
Date Emp.	Tn			Silures			Autres
	Taux (no./a)	Poids (kg)	P.M. (g)	Taux (no./a)	Poids (kg)	P.M. (g)	Poids (kg)

Récolte							
Date Récolté	Durée * (jours)	Production Tn					
		Survie (%)	Prod. Totale (kg)	Rdt. * (kg/a/an)	% de * Rdt. Total	P.M. Final (g/p)	Gain * Jour. (g/p)

Récolte								
Tn Alevins			Production Silures					
Prod. Totale (kg)	Rdt * (kg/a/an)	% de * Rdt. Total	Survie (%)	Prod. Totale (kg)	Rdt. * (kg/a/an)	% de * Rdt. Total	P.M. Final (g/p)	Gain * Jour. (g/p)

Récolte									
Production Autres			Prod. * Totale (kg)	Prod. * Nette (kg)	Rdt. * Net (kg/a/an)	Prod. Comm. (kg)	% * Comm.	Rdt. * Comm. (kg/a/an)
Prod. Totale (kg)	Rdt. * (kg/a/an)	% de * Rdt. Total						

RECHERCHES SUR LE TILAPIA LAGUNAIRE *SAROTHERODON MELANOTHERON* : BILAN DES ESSAIS D'OPTIMISATION DE LA CROISSANCE EN ÉLEVAGE INTENSIF

A. Cissé
Centre de recherches océanographiques
B.P. V 18, Abidjan, Côte d'Ivoire

Résumé *Dans le cadre de l'évaluation du potentiel aquacole de Sarotherodon melanotheron, des essais ont été réalisés (type d'élevage, alimentation) pour tenter d'optimiser la croissance en élevage intensif. Des études réalisées antérieurement avaient démontré que:*

- *Dans une gamme testée (20, 50, 100, et 150 poissons/m³), la densité n'a pas d'incidence sur la croissance. Toutefois, la mortalité est plus élevée lorsque les élevages sont réalisés à une densité de 150 poissons/m³.*

- *Une importante augmentation est observée dans la croissance des mâles lorsque l'on passe d'un élevage mixte (0,32 g/j) à un élevage monosexe (0,49 g/j), alors que la croissance des femelles reste stable (0,41 g/j), conséquence directe de l'incubation buccale.*

Les résultats actuels de nos études conduisent aux conclusions suivantes :

- *Un régime alimentaire titrant 30 % de protéines et apportant environ 270 kcal/100 g d'aliment conduit aux meilleurs résultats de croissance.*

- *Lorsque les poissons sont nourris à satiété, à la main, la répartition de la ration quotidienne en 4 repas améliore la croissance (0,60 g/j); une alimentation de nuit, ou une augmentation de la fréquence de nourrissage jusqu'à 8 nourrissages/jour, n'apporte pas de gain de poids supplémentaire.*

Bien que les résultats obtenus aient permis différentes améliorations dans le rendement des élevages, dans toutes les situations étudiées, des croissances rapides (supérieures à 1 g/j) n'ont pu, jusqu'à présent, être maintenues sur des périodes de plus de 2 mois. De plus, les quotients nutritifs obtenus (supérieurs à 3) restent globalement trop élevés pour être économiques.

En conséquence, le bilan de la culture intensive de S. melanotheron dans les lagunes ivoiriennes apparaît, en définitive, peu prometteur, et les recherches s'orientent actuellement vers la méthode extensive d'acadja-enclos.

Abstract *In order to improve growth performance of the brackish water tilapia, Sarotherodon melanotheron, in intensive culture, different studies have been realized in the Ebrié Lagoon at the Layo Aquaculture Experimental Station of the Centre de recherches océanographiques of Abidjan. Earlier studies had shown that:*

- *In the range tested (20, 50, 100, and 150 fish/m³), density had no influence on the growth of this species. However, mortality was more significant in the higher density trials (150 fish/m³).*

- *For males, growth was much faster in monosex rearing (0.49 g/day) than in mixed-sex rearing (0.32 g/day), while female growth was similar in the two situations (0.41 g/day). In the mixed-sex culture, the slower growth of males was assumed to be a direct consequence of mouth breeding.*

Recent studies have demonstrated that:

- *The best growth occurred with a diet containing 30% crude proteins (P) and 270 kcal of digestible energy (DE)/100 g of feed. The optimum DE/P ratio appears to be 9 kcal of DE/g of protein. Increasing the DE/P ratio above this range decreases food consumption and results in lower gains, while decreasing the ratio below this range increases consumption but does not improve gains due to insufficient available energy for optimum protein utilization.*

- *The feeding frequency significantly influences growth. The best performances were obtained from groups hand-fed to satiation 4 times/day. Night feeding or increasing the frequency of feeding up to 8 times/day does not lead to any further improvement.*

Although the results obtained in these studies have allowed for some improvements in the yield, rapid growth (greater than 1 g/day) has not been maintained over periods of more than 2 months. Moreover, food conversion ratios (greater than 3) remain too high to be considered economical.

In consequence, intensive culture of S. melanotheron in Ivorian lagoons does not appear promising at the present stage of our experiments. Research activities are now directed toward the extensive acadja-enclosure method.

Introduction

Le poisson constitue la principale source de protéine animale des Ivoiriens : sa consommation est estimée à 24 kg/habitant (contre 10 kg de viande et lait confondu), soit actuellement 200 000 t environ. La production nationale de poisson oscille entre 80 000 et 90 000 t.

Les prévisions des années 90 situent les besoins de consommation nationale à 300 000 t. Par contre, les ressources halieutiques du pays, même optimisées par la gestion rationnelle, ne pourront guère dépasser 110 000 t environ. Force est de constater qu'en réalité, l'écart entre la consommation et la production ne fera que s'accentuer au fil des années. Ceci se traduit par des importations massives de poisson, dépassant les 100 000 t/an.

Pour pallier à cette insuffisance et exploiter ses potentialités, la Côte d'Ivoire a décidé, dans le cadre de sa croisade pour l'autosuffisance alimentaire, de développer et d'intensifier l'aquaculture, tant en eaux continentales que lagunaires.

Dans une perspective de promotion et de développement de la pisciculture lagunaire, le Centre de recherches océanographiques d'Abidjan (CRO) mène, depuis quelques années, des études sur l'évaluation du potentiel de certaines espèces autochtones. Parmi celles-ci, le tilapia S. melanotheron semble constituer une espèce intéressante pour l'élevage, par la qualité de sa chair, sa bonne valeur marchande, sa robustesse, et son adaptation au milieu lagunaire (Daget et Iltis 1965).

Les premiers essais de croissance (Legendre 1983; Cissé 1986) ont permis d'identifier les axes de recherches suivants, nécessaires à une meilleure évaluation du potentiel aquacole de l'espèce :

- influence de la densité d'empoissonnement sur la croissance de l'espèce;
- comparaison de la croissance des mâles et des femelles en élevage mixte ou monosexe;
- élaboration d'une formule alimentaire adaptée aux besoins nutritionnels du poisson à partir de produits ou sous-produits agroindustriels, disponibles localement;
- définition des conditions optimales de distribution de l'aliment artificiel.

Cet article présente les principaux résultats obtenus concernant ces différents points. On présente d'abord un rappel de Legendre (1986), et ensuite des travaux plus récents (Cissé, en préparation).

Présentation générale du site de travail

La station expérimentale d'aquaculture du CRO est située à Layo, près de la commune de Dabou, à 40 km à l'ouest d'Abidjan, dans une région oligohaline de la lagune Ébrié. Devant la station, l'hydroclimat est fortement influencé par la proximité de l'embouchure lagunaire d'une rivière (Agneby), dont le régime de type équatorial de transition se caractérise par un dédoublement de la crue annuelle, lié au régime des précipitations (Albaret et Legendre 1983; Guiral 1983). De ce fait, la salinité des eaux y est notablement plus faible que pour l'ensemble de ce secteur lagunaire (Durand et Skubich 1982).

À Layo, la salinité moyenne mensuelle de la lagune varie de 0,5 ‰, au plus fort de la grande saison des pluies (de mai à juillet), à 8 ‰, lors de la grande saison sèche (de janvier à avril). Durant cette dernière, la salinité peut temporairement atteindre 10 ‰. La température de l'eau est, en général, comprise entre 25 et 32 °C, les valeurs les plus basses étant atteintes en saison des pluies mais aussi en décembre-janvier pendant la période d'harmattan (vent très sec qui souffle du nord-est sur l'Afrique occidentale). Les températures les plus élevées correspondent à la fin de la grande saison sèche.

Matériel et méthodes

Choix de la structure d'élevage

L'enclos (Hem 1982) est une structure d'élevage adaptée à des sites peu profonds, fréquents en milieu lagunaire. Son utilisation pour l'élevage intensif de S. melanotheron pose plusieurs problèmes liés à certains aspects de son comportement (Legendre 1983), notamment une capturabilité très médiocre lors de la pêche. Cette situation nous a amenés à la conception d'une structure plus adaptée : la «cage-enclos».

Celle-ci est constituée par une simple poche de filet suspendue à des piquets de bambou, et dont le fond repose sur le sédiment à l'aide de fiches métalliques qui maintiennent le filet. Les premiers essais réalisés ont démontré la remarquable maniabilité des cages-enclos, qui rend particulièrement aisée toute manipulation de tri et de comptage (Legendre 1986).

Tests de densité

L'influence de quatre densités d'élevage (20, 50, 100, et 150 poissons/m^3) a été testée par Legendre (1986). Dans chaque lot expérimental, répliqué une fois, une population mixte (sex-ratio voisine de 1) a toujours été utilisée.

Tests de croissance

La croissance des mâles et des femelles a été suivie en élevage mixte (sex-ratio voisine de 1) et en élevage monosexe par Legendre (1986). La densité d'empoissonnement était, dans tous les cas, de 20 individus/m^3. Chaque essai était répliqué une fois. Pour la constitution des élevages monosexes, la séparation des mâles et des femelles a été effectuée à la main dès que le dimorphisme sexuel existant au niveau de la papille génitale est devenu aisément perceptible. Un mois après le premier tri, un second examen des poissons a été pratiqué afin de corriger les éventuelles erreurs de sexage et d'obtenir des populations entièrement monosexes. Il est à noter que chez S. melanotheron, la distinction entre les sexes est facilitée par une différence de coloration au niveau des opercules. Ceux-ci apparaissent de couleur rosée chez la femelle, alors qu'ils sont nettement jaune d'or chez le mâle (Shaw et Aronson 1954). Cette différence supplémentaire permet une séparation des sexes plus précoce chez cette espèce à partir de 15-20 g. Un aliment standard titrant plus de 31 % de protéines brutes a été distribué en 2 repas par jour, 6 jours par semaines pendant 10 mois, à raison de 4 % de la biomasse de poissons présents dans les cages-enclos.

Détermination des besoins nutritionnels

Ces tests ont été réalisés en laboratoire, dans une batterie d'aquariums de 175 L chacun. Les structures ont fonctionné en circuit fermé à l'aide de filtres biologiques EHEIM 2013. Le renouvellement de l'eau s'est fait à un débit de 5 à 6 L/min. Les paramètres physico-chimiques, mesurés au cours du suivi de 45 jours, ont donné les valeurs suivantes : taux d'oxygène, 5,5-6 ppm; température de l'eau, 27 $\pm$ 1 °C; pH, 6,2-7,6; concentrations en ammonium et en nitrite maintenues en-dessous de 0,08 et 0,15 ppm, respectivement. L'expérimentation était un arrangement factoriel 3 x 2, avec des régimes contenant trois niveaux d'énergie : 190, 270, et 350 kcal par 100 g d'aliment pour deux niveaux de protéines brutes, 20 et 30 % (Tableau 1). La valeur de l'énergie digestible de chaque ingrédient a été estimée par calcul en multipliant les valeurs de l'énergie brute par leur coefficient de digestion respective (Jauncey et Ross 1982). La qualité de la source d'énergie et la qualité des protéines ont été essentiellement les mêmes dans tous les régimes.

Six lots, répliqués une fois chacun, ont été constitués à raison de 30 poissons (poids moyen, 7,5 g) par aquarium. Les poissons ont été nourris 2 fois par jour (8 h et 16 h), 6 jours par semaine, à raison de 10 % de la biomasse de poissons présents dans les aquariums.

L'aliment non ingéré a été récupéré par siphonnage après chaque nourrissage. Le poids de ce reliquat, soustrait de la quantité distribuée, a permis de déterminer la consommation alimentaire journalière. La ration a été réajustée chaque semaine après l'échantillonnage des poissons.

Tableau 1. Composition et analyse chimique des régimes en pourcentage du poids sec.

	Désignation des régimes					
	A	B	C	D	E	F
Ingrédients						
Farine de poisson locale[a]	22,22	22,22	22,22	38,89	38,89	38,89
Tourteau de soja	11,71	16,71	16,71	19,00	19,00	19,00
Huile d'arachide	3,40	7,10	10,90	-	3,80	7,50
Huile de foie de morue	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Farine de maïs	10.80	15,00	22,90	7,20	13,80	24,25
Son de blé	35,37	30,47	18,77	26,41	16,61	1,86
Liant (refus farine de manioc)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Mélange vitaminique[b]	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Vitamine C	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Mélange minéral[c]	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Caractéristiques du régime						
Protéine brute estimée (P)	20	20	20	30	30	30
Énergie digestible calculée (DE) (kcal/100 g)	190	270	350	190	270	350
DE/P	9,50	13,50	17,50	6,34	9,00	11,67
Analyse[d]						
Cendres	10,81	11,50	12,90	13,31	13,52	15,15
Matières cellulosiques	8,11	7,02	6,32	6,32	4,83	4,33
Protéines brutes (N x 6,25)	21,50	22,00	20,98	31,07	30,75	30,45
Matières grasses	12,40	10,10	8,11	7,50	6,80	5,02
Extratif non azoté (ENA)	47,18	49,38	51,69	41,80	44,10	45,05

[a] Résidus de thon provenant des conserveries.

[b] Mg/kg d'aliment : vitamine E, 25 000; vitamine B1, 5 000; vitamine B2, 6 000; vitamine B6, 5 000; vitamine PP, 40 000; vitamine B12, 4; AP, 16 000; vitamine K, 5 000; acide folique, 1 000; chlor. de choline, 250.

[c] Mg/kg d'aliment : cobalt, 25; fer, 22.ààà; iode, 2 500, manganèse, 13 500; cuivre, 1 500; zinc, 75 000; sélénium, 45.

[d] Réalisée par le Laboratoire central de nutrition animale d'Abidjan (LACENA).

Détermination des conditions d'alimentation

L'effet des fréquences de distribution de l'aliment artificiel a été étudié dans le cadre d'élevage monosexe mâle de S. melanotheron.

Les essais de grossissement en semi-grandeur ont été réalisés en cages-enclos de 25 m^3 à une densité de 15 poissons/m^3, sur une période de 210 jours. Les individus, d'un poids moyen initial d'environ 50 g, ont été nourris avec un granulé contenant 30 % de protéines brutes et apportant 270 kcal d'énergie digestible pour 100 g d'aliment. L'intensité de nourrissage, initialement fixée à 5 % de la biomasse des poissons présents dans les cages-enclos, a été progressivement réduite à 2 % en fonction de la croissance des poissons vers la fin de l'expérience (Guerrero 1987). La ration quotidienne a été distribuée manuellement, 6 jours par semaine, selon le programme suivant :

Lot I - nourri 1 fois/jour : 8 h 30
Lot II - nourri 2 fois/jour : 8 h, 17 h 30
Lot III - nourri 4 fois/jour : 8 h 30, 11 h 30, 14 h 30, 17 h 30
Lot IV - nourri 8 fois/jour : 8 h 30, 10 h, 11 h 30, 13 h, 14 h 30, 16 h, 17 h 30, 19 h
Lot V - nourri 8 fois/nuit : 20 h 30, 22 h, 23 h 30, 1 h, 2 h 30, 4 h, 5 h 30, 7 h.

La ration alimentaire a été réajustée tous les mois après un échantillonnage de 125 poissons par cage-enclos.

Résultats

Croissance en fonction de la densité

Legendre (1986) a démontré qu'entre 20 et 150 poissons/m^3, aucune influence de la densité sur la croissance n'était observée chez S. melanotheron. Il a constaté, en revanche, une importante différence de croissance ($P < 0,025$) entre les deux populations de poissons utilisées au cours de ces tests (croissance de 0,35 à 0,38 g par jour pour les poissons originaires de la Station de Jacqueville, et de 0,22 à 0,28 g par jour pour ceux originaires de la Station de Layo).

Les taux de mortalité, peu variables et se situant aux alentours de 15 % pour les trois densités les plus faibles, s'avèrent toutefois significativement plus élevés (supérieurs à 20 %) dans les élevages réalisés à plus forte densité.

Comparaison de la croissance des mâles et des femelles

Legendre (1986) a observé une importante augmentation ($P < 0,03$) dans la croissance des mâles en passant d'un élevage

sexes-mixte (0,32 g par jour) à un élevage monosexe (0,49 g par jour). Par contre, la croissance des femelles n'a pas été affectée par le type d'élevage et s'est située, dans les deux cas, aux alentours de 0,42 g par jour. Le fait que le rapport entre les croissances journalières moyennes des mâles et des femelles s'inverse en faveur des mâles lorsque l'on passe d'un élevage mixte à un élevage monosexe montre clairement que la plus faible croissance des mâles en élevage mixte n'est qu'une conséquence de l'incubation buccale. En effet, on sait que S. melanotheron se reproduit activement en élevage mixte et que, durant l'incubation buccale, les mâles ne se nourrissent pas. Dès lors, on peut admettre que, pour un même niveau d'activité sexuelle, la différence de croissance entre les mâles et les femelles de cette espèce sera fonction de la possibilité qu'auront les poissons de reprendre les oeufs en bouche pour l'incubation. Ainsi, par exemple, en élevage mixte en cage-enclos, la présence du filet de fond qui s'interpose entre les poissons et le sédiment gêne la reprise des oeufs sans toutefois totalement l'empêcher. Dans cette situation, la croissance des mâles (0,32 g par jour) est, de ce fait, intermédiaire entre celle observée d'une part en enclos (0,18 g par jour) (Legendre 1983) et en bassin (0,21 à 0,30 g par jour) (Cissé 1986) où l'accès aux oeufs est direct, et d'autre part en élevage monosexe (0,49 g par jour) où il n'y a pas d'incubation.

Rapport protéino-énergétique dans l'alimentation

La concentration d'énergie digestible du régime influence de manière remarquable la consommation alimentaire chez S. melanotheron ($P < 0,05$). En effet, la prise de nourriture diminue considérablement au fur et à mesure que la teneur en calorie digestible de l'aliment augmente. Changer de niveau de protéines brutes de 20 à 30 % n'a aucun effet significatif ($P > 0,05$) sur la quantité d'aliments consommés (Fig. 1).

Les meilleures croissances s'obtiennent des individus nourris avec un régime contenant 30 % de protéines brutes et apportant 270 kcal d'énergie digestible par 100 g d'aliment (Tableau 2). Le rapport calorico-azoté de S. melanotheron semble être de 9 kcal/g de protéine. Ceci est à rapprocher des données de Hastings (1976) sur un ensemble de poissons chez lesquels l'optimum se situerait aux environs de 8 kcal/g de protéine. Plus on s'éloigne de ces valeurs, moins les résultats sont bons.

Fréquence de nourrissage

Lorsque les poissons sont nourris à satiété, à la main, la répartition de la ration journalière en 4 repas donne la meilleure croissance (Fig. 2). Une alimentation de nuit ou une augmentation de la fréquence de distribution jusqu'à 8 nourrissages par jour n'apporte pas d'amélioration supplémentaire.

Tableau 2. Pourcentage de gain en poids, protéine, énergie et quotient nutrifif (QN) pour S. melanotheron mâles nourris pendant 45 jours avec les aliments tests.[a]

Lots	Gain (%)			
	Poids[b]	Protéine[c]	Énergie[c]	QN[d]
A	355[cd]	25[e]	240[d]	5,60[b]
B	339[cd]	224[cd]	278[d]	5,47[b]
C	198[e]	189[d]	363[bc]	6,10[c]
D	470[b]	374[a]	310[cd]	4,02[a]
E	535[a]	411[a]	414[ab]	3,39[a]
F	380[c]	312[b]	467[a]	5,07[b]

[a] Les chiffres possédant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différents à $P < 0,05$.

[b] Pourcentage (%) de gain en poids = $\frac{\text{Poids moyen final (g)} - \text{Poids moyen initial (g)}}{\text{Poids moyen initial (g)}} \times 100$

[c] Pourcentage (%) de gain en protéine = $\frac{\text{Poids final des protéines corporelles} - \text{Poids initial des protéines corporelles}}{\text{Poids des protéines ingérées pendant la période de croissance}} \times 100$
Le même procédé de calcul a été utilisé pour l'énergie.)

[d] QN = $\frac{\text{Quantité de nourriture ingérée (g)}}{\text{Gain de poids vif (g)}}$

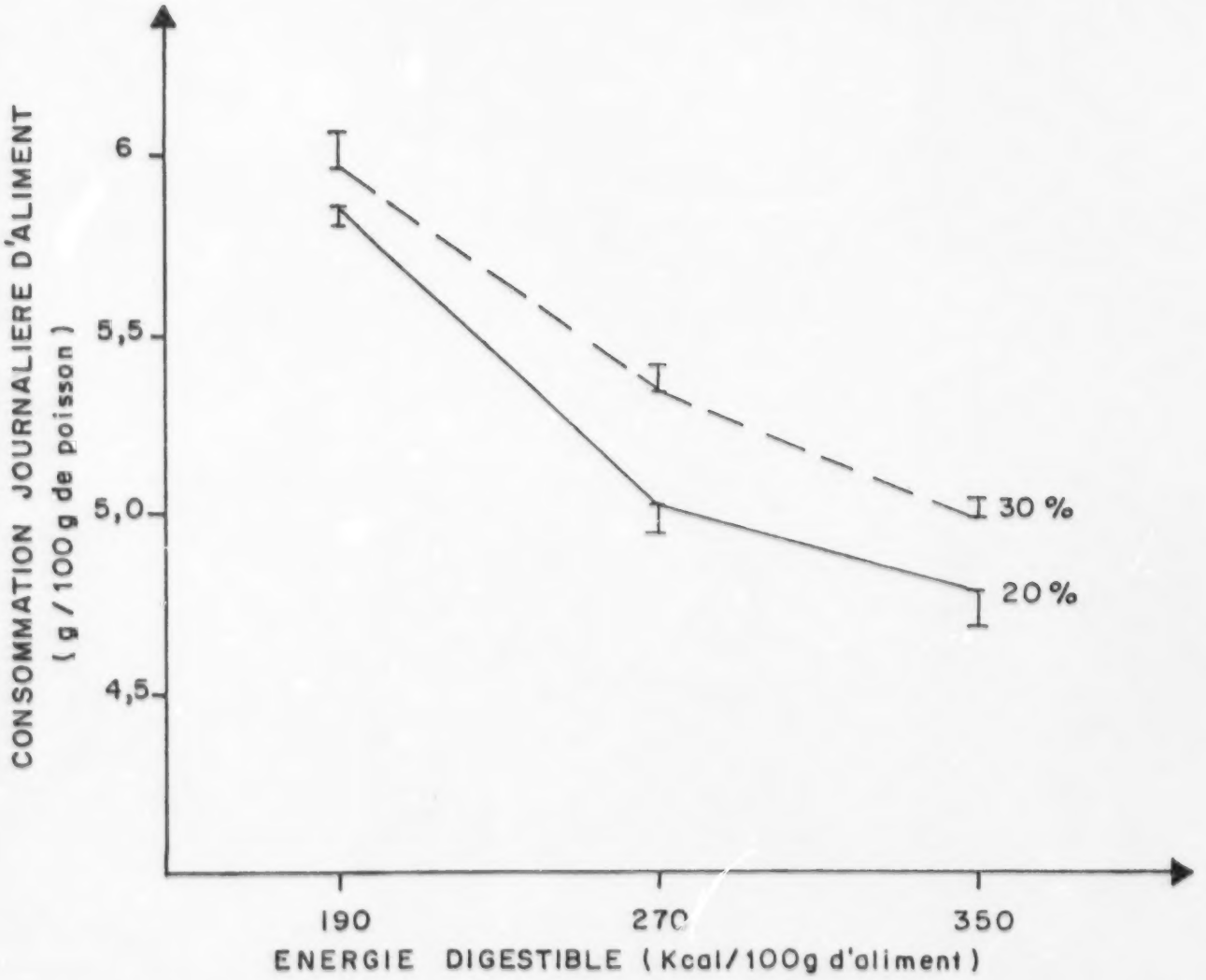
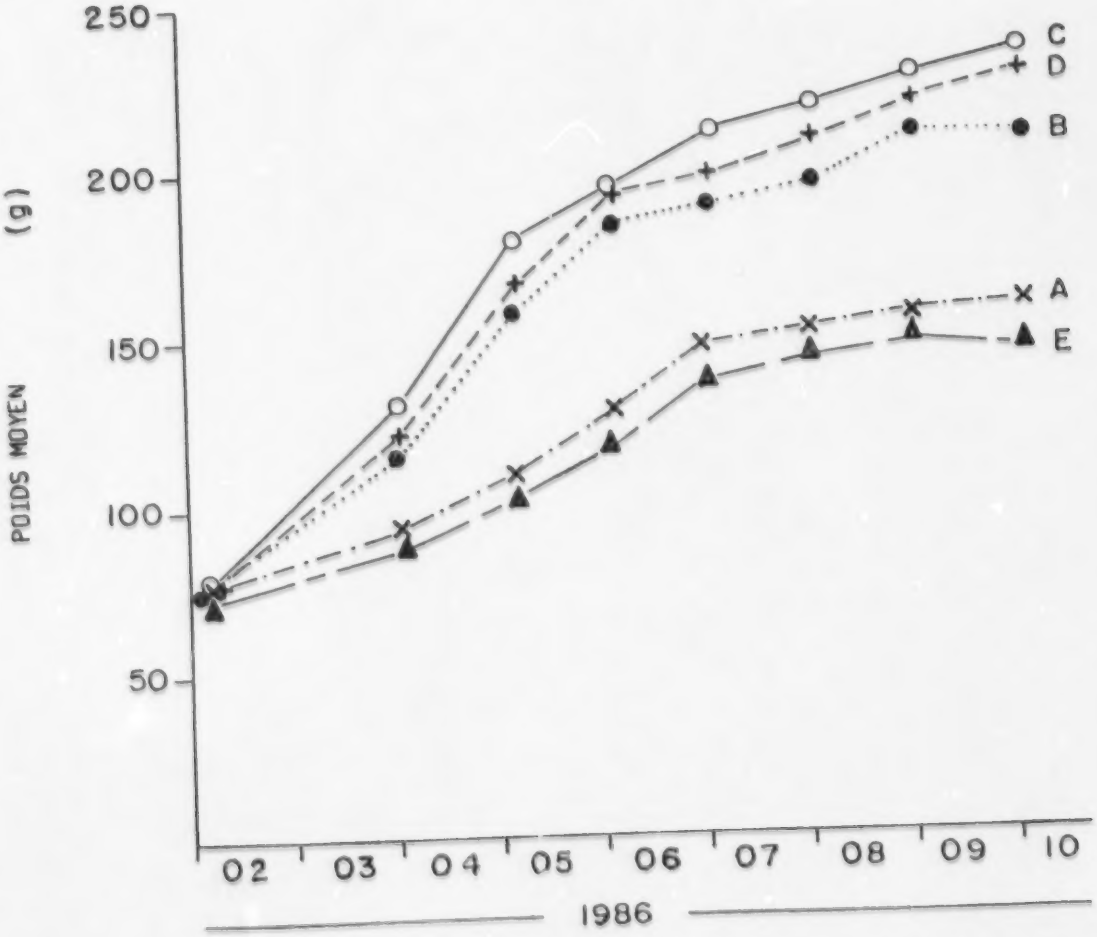


Fig. 1. Influence de l'énergie digestible et des protéines sur la consommation alimentaire par S. melanotheron mâle.



A, 1 repas par jour; B, 2 repas par jour; C, 4 repas par jour; D, 8 repas par jour; E, 8 repas par nuit.

Fig. 2. Croissance des mâles de S. melanotheron en élevage monosexe en fonction de la fréquence de nourrissage.

Conclusion

Les essais de grossissement en élevage intensif de S. melanotheron ont abouti à la conclusion que le potentiel de croissance de cette espèce (0,60 g par jour dans le meilleur des cas) reste assez faible, quelle que soit la stratégie de nutrition artificielle (surtout si on le compare à ceux obtenus avec d'autres espèces de Cichlidae déjà utilisés en pisciculture). Il ne permet pas, dans l'état actuel, de conduire en fin de cycle à une marge bénéficiaire suffisante pour assurer la rentabilité économique d'une ferme piscicole. En définitive, l'avenir de l'élevage de S. melanotheron dans les lagunes ivoiriennes repose maintenant essentiellement sur l'option extensive d'élevage en acadja-enclos.

Références

Albaret, J.J., Legendre, M. 1983. Les espèces colonisatrices des étangs d'une station de pisciculture lagunaire en Côte d'Ivoire. Description et incidence sur l'élevage. Doc. Sc. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan, 14(1), 57-67.

Cissé, A. 1986. Résultats préliminaires de l'alimentation artificielle de Tilapia guineensis (Bleeker) et de Sarotherodon melanotheron (Rüppel) en élevage. In Aquaculture research in the African region. FIS Seminar PUDOC, Wageningen, p. 103-111.

——— 1988. Étude du rapport calorico-azoté et des fréquences de distribution dans l'alimentation de S. melanotheron : influence sur la croissance, la composition corporelle ec le taux de survie. (En préparation)

Daget, J., Iltis, A. 1965. Poissons de Côte d'Ivoire (eaux douces et eaux saumâtres). Mémoires IFAN, n° 74. 385 p.

Durand, J.R., Skubich, M. 1982. Les lagunes ivoiriennes. Aquaculture, 27(3), 211-250.

Guerrero, R.D. 1987. Tilapia farming in the Philippines. Technology and Livehood Resource Center. 84 p.

Guiral, D. 1983. Physico-chimie et biogéochimie des eaux et des sédiments à la Station d'aquaculture de Layo, Lagune Ébrié, Côte d'Ivoire. Doc. Sc. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan, 14(1), 1-29.

Hasting, W.H. 1976. Fish nutrition and fish feed manufacture. FIR, Aq/Conf/76/R., 23, 1-13.

Hem, S. 1982. L'aquaculture en enclos : adaptation au milieu lagunaire ivoirien. Aquaculture, 27(3), 261-272.

Jauncey, K., Ross, B. 1982. A guide to tilapia feeds and feeding. University of Stirling, Scotland, England. 111 p.

Legendre, M. 1983. Observations préliminaires sur la croissance et le comportement en élevage de Sarotherodon melanotheron (Rüppel 1852) et de Tilapia guineensis (Bleeker 1862) en lagune Ébrié, Côte d'Ivoire. Doc. Sc. Cent. Océanogr. Abidjan, 14(2), 1-36.

——— 1986. Influence de la densité, de l'élevage monosexe et de l'alimentation sur la croissance de Tilapia guineensis et de Sarotherodon melanotheron élevés en cage-enclos en lagune Ébrié, Côte d'Ivoire. Rev. Hydrobio. Trop., 19, 19-29.

Shaw, E.S., Aronson, L.R. 1954. Oral incubation in Tilapia macrocephala. 1. Shaw, E.S., Embryological studies. 2. Shaw, E.S., Aronson, L.R., Experimental studies. Amer. Mus. Nat. Hist., 103, 380-415.

UNE EXPÉRIENCE DE COOPÉRATIVE PISCICOLE EN RÉPUBLIQUE CENTRAFRICAINE

Michel Bérubé
Organisation canadienne pour la solidarité et le développement, B.P. 973, Bangui, République centrafricaine

Résumé *Depuis mars 1987, une expérience de coopérative piscicole et agricole est en cours en République centrafricaine, dans la région de Bangui. Après quelques mois d'existence, le Groupement d'action piscicole, aidé par un volontaire de l'Organisation canadienne pour la solidarité et le développement (OCSD), a pu prendre en charge une ancienne station agro-piscicole gouvernementale, la rénover et la remettre en exploitation. Les membres y pratiquent la polyculture de Tilapia nilotica et de carpes communes. Les bassins sont fertilisés à partir d'un mélange de fientes de poules et de drèche de bière en volumes égaux, sur la base de 1,3 kg de fientes/are par jour. La production à partir d'un empoissonnement de 2 tilapias/m² non sexés et de 0,2 carpes/m² est de 9,345 kg/ha par an. Les alevins de tilapias sont pêchés à la seine à partir de 3 mois après l'empoissonnement. Parallèlement à la pisciculture, les membres pratiquent la culture vivrière et l'élevage de canards. Tous les membres sont rémunérés sur la même base, soit une journée de travail vaut une part. La valeur d'une part est déterminée par la somme des profits moins 10 % de fonds de réinvestissement. Le versement des dividendes a lieu tous les 6 mois. La valeur d'une part pour la pisciculture combinée à l'élevage de canards a été déterminée à 769 F CFA.*

Abstract *Since March 1987, a cooperative fish-breeding and agricultural experiment has been under way in the Bangui region, Republic of Central Africa. After a few months of operation, the Groupement d'action piscicole, assisted by a volunteer from the Organisation canadienne pour la solidarité et le développement (OCSD), was able to assume responsibility for a former government agricultural and fish-breeding station, renovate it and put it back into operation, for the purpose of practising the polyculture of Tilapia nilotica and the common carp. The basins are fertilized with a mixture of chicken droppings and brewery waste in equal volumes, at the rate of 130 kg of droppings/are per day. Production, based on stocking of 2 unsexed tilapias/m² and 0.2 carp/m², is approximately 9,345 kg/ha per year. Tilapia fry are seined starting 3 months after stocking. In addition to fish breeding, the members raise food crops and ducks. All members are paid on the same basis: one day's work is worth one share. The value of*

a share is determined by total profits minus 10% reinvestment funds. Dividends are paid every 6 months. The value of one share for combined fish breeding and duck raising has been determined at 769 F CFA.

Introduction

La pisciculture est bien implantée en République centrafricaine. En 1984, on y comptait jusqu'à 10 000 bassins piscicoles exploités par 8 500 pisciculteurs sur une base familiale. Le fait que cette activité fasse partie de la vie quotidienne d'une large partie de la population du pays est unique en Afrique (Deceuninck 1985). Cela résulte surtout des efforts soutenus de vulgarisation de la part de quatre projets consécutifs PNUD/FAO de 1968 à 1985 et des volontaires du Corps de la Paix depuis 1974. On remarque, cependant, une baisse de l'activité piscicole depuis quelques années. Selon une estimation récente du Centre national piscicole, le nombre de bassins exploités en 1988 serait aux environs de 3 000. Il faut noter que si le nombre de bassins a augmenté rapidement pendant les années de vulgarisation intensive, la production moyenne des bassins est demeurée faible, soit 20 à 30 kg/are par an, pour la monoculture de Tilapia nilotica non sexés avec cycles de 6 mois, empoissonnement de 2/m^2, et vidange complète au bout de chaque cycle - une méthode simple qui peut, pourtant, produire beaucoup plus. Il est possible que ces faibles performances aient entraîné un découragement progressif des pisciculteurs. Les causes principales seraient : les mauvais choix de sites, le vol dans les bassins, le manque de connaissances techniques des pisciculteurs, surtout en ce qui concerne la fertilisation des bassins, et la difficulté de se procurer des intrants à bon marché.

Plusieurs sites choisis par les pisciculteurs (indépendamment des services de vulgarisation) sont effectivement non viables et sont appelés à être abandonnés à plus ou moins long terme. Pour les pisciculteurs ayant choisi de bons sites, les difficultés à contrer le vol et à s'assurer un approvisionnement suffisant d'intrants sont souvent reliées au fait qu'ils exploitent une surface trop petite pour justifier les efforts de gardiennage ou pour permettre l'achat et le transport d'aliments et de fertilisants en gros.

Sur une base individuelle, l'intensification de la production passe donc souvent par une augmentation de la surface exploitée. En République centrafricaine, celle-ci nécessite généralement un crédit au pisciculteur, étant donné la quasi-absence d'épargne en milieu paysan (Marquet 1985; Lietar 1984). Dans la pratique, l'individu ayant reçu un crédit est perçu comme privilégié, et est sujet à des pressions très fortes de son entourage pour partager son augmentation de revenus. L'enrichissement individuel, permettant entre autres le remboursement de l'emprunt, demeure problématique. De plus, s'il est d'accord pour recevoir un crédit,

le pisciculteur artisanal n'est pas aussi spontané à changer ses habitudes de travail; ainsi, les améliorations techniques tardent à être appliquées et les productions à s'améliorer.

Une solution alternative pour gérer l'injection de fonds nécessaire à une intensification de la production serait la création de coopératives piscicoles. Ces coopératives pourraient également être un lieu propice à la vulgarisation de nouvelles techniques, pratiquées en terrain neutre, et non sur les propriétés individuelles.

En République centrafricaine, il n'y a pas d'encadrement systématique de coopératives piscicoles, comme c'est le cas, par exemple, en Côte d'Ivoire, avec les groupements à vocation coopérative (GVC) dont certains pratiquent la pisciculture. Il a donc été décidé d'appuyer et d'encadrer à temps plein une association de pisciculteurs de la région de Bangui, le «Groupement d'action piscicole» (GAP), ayant pour but de se constituer en coopérative par l'envoi d'un volontaire en mars 1987. Il s'agit pour l'instant d'une expérience pilote, parallèle et complémentaire au Programme national de vulgarisation. Après 6 mois de travaux communautaires sur les bassins individuels des membres, et l'élaboration de statuts et règlements intérieurs, les pisciculteurs (et leurs familles) ont entrepris la rénovation et l'exploitation d'une station agro-piscicole du ministère du Développement rural, la Station de Ndress, prêtée au groupement pour une période initiale de 5 ans. Le présent article analyse les réalisations de ce projet à ce jour et ses différents impacts dans le milieu.

Méthodes

Le site

Les membres exploitent, sur une base individuelle, 75 ares de bassins, dont la plupart sont saisonniers. Ce sont de petits bassins de 2 à 3 ares en moyenne, situés dans la zone de St-Paul, à l'est de Bangui. La Station de Ndress est située à 2 km de là, et comprend 39 ha de terrain; un grand bassin de 55 ares arrosé en permanence par un ruisseau qui prend sa source dans les montagnes environnantes; des structures de régulation du niveau de l'eau dans le ruisseau; un grand hangar semi-ouvert de 800 m^2 comprenant un bureau et un magasin; des bacs de stockage en béton pour les alevins; et une maison d'habitation. À ces installations s'ajoutent un nouveau bassin de 6 ares construit par les membres en aval, et une canardière sur pilotis de 20 m^2 sur le grand bassin.

Les techniques piscicoles

Dans un premier temps, nous avons choisi de pratiquer la méthode de base apprise par les pisciculteurs, tout en démontrant qu'elle pouvait produire de grandes quantités de poissons via une fertilisation intensive, sans ajout de tourteau ou autre sous-

produit à haute teneur en protéine. Même si les techniques enseignées à la station furent aussi vulgarisées au niveau des bassins individuels, les données mentionnées ici concernent le grand étang de Ndress, où tous les paramètres étaient contrôlés.

Le bassin a été empoissonné avec 11 200 tilapias de 10 g (2/m²) et 1 200 carpes communes de 5 g (0,2/m²). Ces alevins de carpe constituent une nouveauté à Bangui, et sont vendus commercialement par la Station de Boyali (coopération chinoise). La vidange totale a été effectuée après 174 jours, mais nous avons commencé à pêcher à la seine pour la vente d'alevins à partir du quatrième mois après l'empoissonnement, et pour la vente de tilapia marchand (100 g +) à partir du cinquième mois. Les produits envisagés étaient : tilapias marchands pour la vente aux poissonneries de Bangui; alevins vivants pour les membres et pour la vente à d'autres pisciculteurs de la région; tilapias de moins de 100 g pour la vente dans les différents marchés locaux; et carpes marchandes. Les alevins étaient livrés dans des fûts de plastique, munis d'aérateurs confectionnés artisanalement à partir de moteurs de ventilation de voitures usagées.

Les intrants utilisés étaient les moins chers à Bangui, soit les fientes de poules et la drèche de bière. Les fientes étaient prélevées chez un éleveur industriel situé à 18 km de la station au moyen d'une benne louée pour chacun des voyages. Le prix d'un kilo de fientes ainsi livré à la station est de 8 F CFA. La drèche était livrée sur place sans frais par une brasserie locale. En moyenne, une brouette du mélange, en volumes égaux, était déversée librement (pas de compostière) par 10 ares de bassins, à partir d'une semaine avant l'empoissonnement. Ceci équivaut en poids sec à 1,3 kg de fientes et 0,28 kg de drèche/are par jour (Tableau 1). Comme un tel chargement de matière organique se situe près de la limite de sécurité au-delà de laquelle l'oxygène consommé par la décomposition risque d'entraîner des mortalités de poissons (Little et Muir 1987), le bassin était alimenté en eau durant la nuit jusqu'au milieu de la matinée, c'est-à-dire pendant la période de baisse d'oxygène. Nous avons aussi varié la quantité déversée selon la température, avec un maximum de 1,66 kg/are par jour de fientes en juin, et un minimum de 1,07 kg/are par jour pendant les mois frais et pluvieux de juillet à septembre (Tableau 1).

Un total de 200 canards ont été mis sur le bassin pendant les 55 derniers jours du cycle. Toutefois, l'apport de fertilisants qu'ils représentent est probablement négligeable par rapport aux quantités déversées manuellement. Selon les indications de Little et Muir (1987) sur le contenu en azote et en phosphore des différents types de fientes, 746 kg d'azote et 253 kg de phosphore auraient été déversés à partir des fientes de poules, alors que les canards auraient déposé 11 kg d'azote et 4 kg de phosphore. Ces chiffres sont, toutefois, sujets à caution à cause des pertes possibles pendant le stockage des fientes, par lessivage et évaporation ammoniacale. Il nous a été impossible d'analyser les fientes utilisées, mais les pertes étaient limitées autant que

Tableau 1. Quantités de drèche et de fientes déversées dans le grand bassin du 10 mars au 6 septembre 1988, et variations mensuelles.

Mois	Nombre de brouettes du mélange par jour	Kg/are de fientes par jour (poids sec)	Kg/are de drèche par jour (poids sec)
Mars	5,0	1,25	0,25
Avril	5,5	1,30	0,28
Mai	6,0	1,43	0,30
Juin	7,0	1,66	0,35
Juillet	4,5	1,07	0,23
Août	4,5	1,07	0,23
Septembre	4,5	1,07	0,23
Moyennes	5,6	1,32	0,27
Total	968 brouettes	12 644 kg	2 662 kg

possible en les recueillant fraîchement sorties des poulaillers et en les recouvrant d'une bâche.

Structure de la coopérative et organisation du travail

La coopérative a une structure classique, étant composée d'un comité exécutif (président, vice-président et trésorier-secrétaire général), d'un commissaire aux comptes, d'un comité de litiges, et de membres réguliers ou temporaires selon leur disponibilité. Tous les postes sont élus en assemblée générale une fois l'an. Le comité exécutif planifie les travaux et établit les horaires de travail à chaque semaine. Une fois par mois, il se réunit avec le commissaire aux comptes et les conseillers du comité de litiges pour évaluer le travail fait dans le mois et pour régler les différends qui peuvent être survenus entre les membres ou entre le bureau et les membres.

Le travail est comptabilisé sous forme de «parts» dans la coopérative, que les membres accumulent jusqu'au versement des dividendes. Une part est acquise soit par un travail manuel de 4 h (1/2 journée), soit par une journée ou une nuit de gardiennage, ou soit par une tâche de vente des produits. La tâche de gardiennage comprend aussi l'alimentation des animaux et le nettoyage de la station. Dans la pratique, le comité exécutif planifie les horaires de façon à ce que les membres touchent à toutes les activités à tour de rôle. Si les tâches sont exécutées de façon satisfaisante, le responsable parmi l'équipe de travail appose le cachet du

groupement dans le carnet du membre et y spécifie la tâche exécutée. Les membres peuvent ainsi tenir leur propre comptabilité du temps qu'ils consacrent à la station, indépendamment du registre que tient l'exécutif.

À la fin de chaque campagne de 6 mois, les frais de fonctionnement sont soustraits du total des recettes, de même que 10 % de fonds de réinvestissement, pour les différents amortissements de l'équipement et des infrastructures. Le profit restant est divisé par le nombre de parts distribuées pendant la campagne, ce qui établit la valeur d'une part. Il n'y a pas de traitement différentiel pour les membres du bureau, sauf un forfait de 20 parts qui leur est attribué en compensation du temps supplémentaire passé à la gestion de la station à chaque campagne. Cette méthode simple assure une juste répartition des revenus et donne une notion de valeur du travail, c'est-à-dire une analyse coût-bénéfice. De cette façon, les membres comprennent qu'il ne sert à rien de planifier 10 personnes pour faire un travail qui n'en nécessiterait que 5, par exemple, car la valeur des parts s'en trouve diminuée. Elle incite aussi les membres à se préoccuper autant de la vente des produits que de leur production, car les dividendes ne peuvent être versés qu'une fois tous les produits vendus.

La place des femmes dans la coopérative

Pendant les premiers mois de travail communautaire sur les bassins individuels, les femmes furent invitées à se joindre aux travaux, mais démontrèrent peu d'intérêt pour la pisciculture. Il est vrai, cependant, que leur intérêt dans l'opération n'était pas évident, les bassins étant d'abord la propriété des maris. Elles n'étaient pas non plus intéressées au projet de Ndress, mais au bout de 2 mois de rénovations à la station, elles exprimèrent le désir de rejoindre les hommes pour pratiquer différentes cultures vivrières et maraîchères (arachides, gombos, ngago, piments, etc.). Les hommes ont alors entrepris le désherbage de 3 ha de terrain pour cette activité, à laquelle les femmes s'adonnent selon les mêmes règles que les hommes. La planification de ces travaux relève du comité exécutif, comme pour les autres activités. Il n'y a pas de «représentante des femmes», mais tous les postes leur sont ouverts. Une femme est présente au comité de litiges; les autres postes sont tous détenus par des hommes. Il y a présentement 16 hommes et 18 femmes dans le groupement.

Le financement

Le projet a bénéficié d'une subvention de 6 000 000 F CFA de l'Ambassade du Canada pour la rénovation, l'équipement et le démarrage du projet (achat des premiers alevins et intrants). Comme la station n'appartient pas en propre aux membres, aucun des coûts initiaux ne leur a été imputé directement, à part les frais de fonctionnement du bureau (essence pour la mobylette, huile ou piles pour les lampes, papeterie, etc.). Comme les membres devaient

travailler pendant 8 mois avant de toucher les premiers dividendes, des repas à base de vivres du Programme d'alimentation mondial (PAM) étaient préparés sur les lieux à la fin de chaque journée de travail.

Résultats

La production du grand bassin

Au total, nous avons récupéré 2 688 kg de poissons du grand bassin pour la campagne du 16 mars au 6 septembre. Environ 1 200 kg de poissons ont été pêchés à la seine à partir du quatrième mois (tilapias seulement) et le reste à la vidange. La production nette (-118 kg d'alevins à l'empoissonnement) est de 2 570 kg, soit l'équivalent de 9 345 kg/ha par an, si l'on considère qu'on peut répéter l'opération deux fois par année. Les tilapias de poids individuel supérieur à 100 g totalisèrent 584 kg et ceux de moins de 100 g, 1 903 kg.

Le poids moyen des carpes était de 170 g pour un poids total de 201 kg. Ces résultats sont présentés à la Figure 1, de même que les courbes de croissance des tilapias mâles et des carpes, basées sur des pêches de contrôle à la seine. Nous n'avons pu établir la courbe de croissance des tilapias femelles parce que celles-ci ne se différenciaient pas suffisamment bien de la génération FI. D'après ces courbes, il semble que la croissance pour les tilapias et les carpes se soit pratiquement arrêtée après le quatrième mois. Tous les tilapias de 100 g et plus étaient des mâles. Si on considère qu'il y a environ 45 % de mâles dans une population de tilapias, et que leur poids moyen à la vidange est de 115 g, il semble que les 584 kg de tilapias marchands obtenus soient composés exclusivement des premiers géniteurs mâles (11 200 tilapias x 0,45 x 0,115 kg/tilapia = 579,6 kg).

Le temps de travail investi

Les deux premiers mois d'activités à la station furent consacrés à des travaux de rénovations ne relevant pas de l'entretien normal; aussi n'ont-ils pas été comptabilisés ici, à part certaines réparations de digues et du moine. Pour le reste, les parts distribuées pendant la première campagne se répartissent comme suit : 879 parts pour la surveillance, 295 parts pour l'entretien général de la station, et 161 parts pour la pêche et la vente (Fig. 2). Le total des parts distribuées est de 1 335, auxquelles viennent s'ajouter 60 parts pour le travail du comité exécutif, soit 1 395. De toutes les activités, la garde est celle qui mobilise le plus de personnel avec, en moyenne, 4 surveillants de nuit et 1 surveillant de jour.

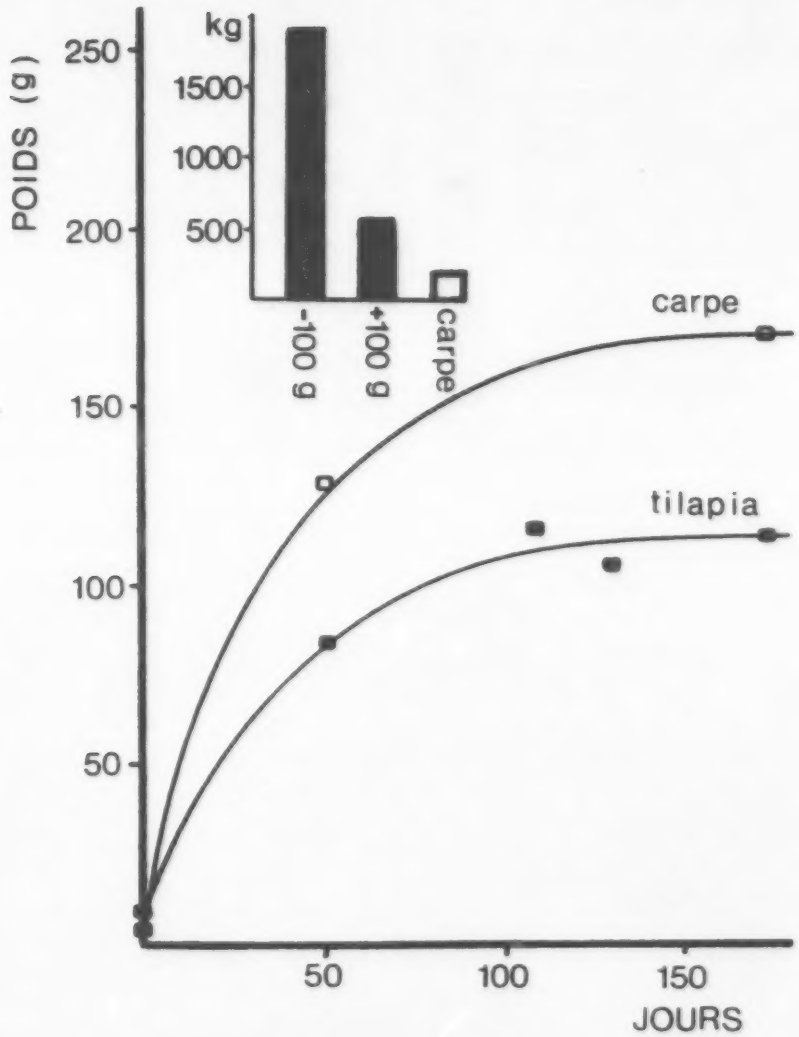


Fig. 1. Courbes de croissance des tilapias et des carpes dans le grand bassin et production totale par classe de poids.

(La courbe de croissance des tilapias ne représente que les tilapias mâles. La courbe des carpes ne possède pas de point intermédiaire entre le jour 50 et la vidange parce qu'alors, elles occupaient la partie profonde du bassin où il était difficile de les pêcher. Les valeurs de N pour les échantillons de tilapia sont, successivement, de 50, 20, 12, 17 et 20; celles des échantillons de carpes sont de 50, 12 et 20. L'histogramme indique le total de tilapias de moins de 100 g et de plus de 100 g, et de carpes produits, exprimés en kg.

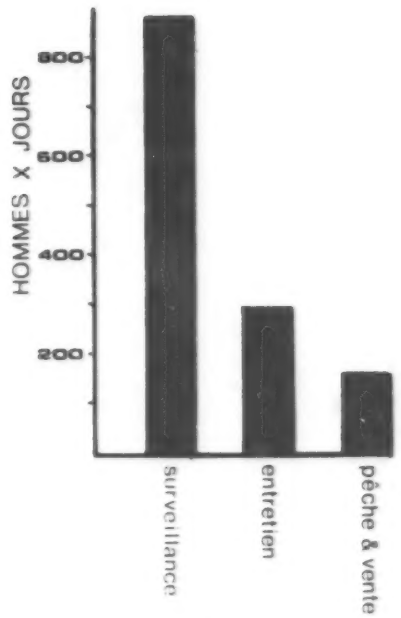


Fig. 2. Distribution du temps de travail à la Station de Ndress pendant la première campagne de 6 mois.

La vente des produits et la valeur d'une part

Le Groupement a réussi à vendre tous les produits qu'il a mis sur le marché. Le reste a été autoconsommé, soit en «bons pour» de poissons de consommation aux membres, soit en alevins pour les bassins individuels ou les bassins de la station. Les prix des différents produits vendus à Bangui se détaillent comme suit :

	(F CFA/kg)
Tilapias de 100 g et plus vendus à la poissonnerie :	650
Tilapias de 100 g et plus vendus au détail :	800
Tilapias de moins de 100 g vendus en tas au marché :	300
Alevins vivants de tilapias livrés sur place :	600
Carpes vendues à la poissonnerie :	750
Carpes vendues au détail :	1 000

Le bilan financier de cette première campagne est le suivant :

			(F CFA)
Revenu brut	:	Produits autoconsommés	297 000
		Vente	861 000
		Total	1 158 000
Coûts d'opération	:	Fientes	105 000

Alevins de carpe	48 000
Alevins de tilapia	66 000
Frais de bureau	50 000
Amortissement général (10 %)	116 000
Total	385 000
Revenu net :	773 000
Valeur d'une part : (773 000/1 395)	554

Notons que l'amortissement basé sur un pourcentage de 10 % du revenu brut couvre à peu près les frais de renouvellement d'outils et d'entretien des bâtiments. Même si l'amortissement est, en général, un coût fixe et non un pourcentage, cette formule a été retenue parce qu'elle est plus facile à vulgariser que la notion réelle d'amortissement, qui est beaucoup trop abstraite. L'idée de répartir les coûts selon la durée prévue des outils ou des différentes installations relève d'une logique trop théorique. Dans la pratique, l'amortissement est tout simplement perçu comme une économie à faire pour pallier aux imprévus (c.-à-d. les coûts autres que les coûts de fonctionnement). Cette économie «additionnelle» n'est acceptable aux paysans que dans la mesure où elle est proportionnelle à leurs moyens, c'est-à-dire en pourcentage des recettes.

La valeur calculée ci-haut pour une part «pisciculture» de 554 F CFA a été relevée sensiblement par l'ajout d'un profit net de 300 000 F CFA provenant de l'élevage de 200 canards sur le grand bassin, qui n'a nécessité la distribution d'aucune part supplémentaire, les corvées relatives aux canards étant prises en charge par la surveillance. La valeur d'une part a ainsi augmenté à 769 F CFA.

Discussion

Selon Little et Muir (1987), un bassin bien fertilisé peut produire 30 kg/ha de poissons par jour, soit une production théorique de 2 855 kg pour le grand bassin de Ndress pendant la campagne décrite ci-haut. La production nette obtenue de 2 570 kg est donc vraisemblablement près du maximum possible en l'absence d'alimentation supplémentaire. L'inhibition de la croissance observée pendant les deux derniers mois du cycle indique, cependant, qu'il est préférable d'écourter ce cycle si l'on veut améliorer le rendement. En général, on considère que c'est la reproduction incontrôlée des tilapias qui induit cette baisse de croissance en fin de campagne. La technique habituelle pour éviter ce problème est d'éliminer une partie des nouveaux alevins par l'utilisation de prédateurs. La stratégie que nous avions adoptée était plutôt de retirer ces alevins manuellement en les pêchant à la seine après le 3e mois de production. Un total de 1,2 t d'alevins ont ainsi été retirés du bassin avant la vidange. Que le ralentis-

sement de croissance soit relié à une trop grande concentration de poissons dans le bassin nous semble donc improbable.

Une autre explication serait que la croissance ait diminué, voire même arrêté, suite à la diminution de la charge quotidienne d'intrants en juillet. Dans ce cas, il faut considérer que les poissons ont souffert d'une baisse de «nourriture» supplémentaire obtenue par la consommation directe des fientes et de la drèche, et non d'une baisse de nourriture naturelle résultant de la fertilisation, car celle-ci semblait bien se maintenir, du moins selon la couleur très verte de l'eau. En effet, il est difficile de dire combien de la croissance des poissons est due à la consommation directe des fientes et de la drèche, car ces produits peuvent aussi être considérés comme nourriture (New 1987; Little et Muir 1987). Que la croissance soit ainsi retardée demeure probable, mais dans le cas présent, il s'agit pratiquement d'un arrêt total de croissance. Quelques auteurs ayant observé un phénomène semblable dans des étangs fortement fertilisés en attribuèrent la cause à une accumulation de produits toxiques dans les sédiments (Little et Muir 1987), ce qui serait peut-être aussi le cas ici.

D'un point de vue économique, cette méthode s'avère très rentable, surtout si l'on peut faire trois cycles par année. Le fait que les poissons de toutes tailles se vendent facilement à Bangui (quoique à prix réduit pour les petits tilapias) permet de pratiquer un type de pisciculture nécessitant un minimum d'investissement en temps et en argent. Les membres peuvent ainsi s'occuper à la fois de la station qu'ils exploitent en commun et de leurs bassins individuels. Ils s'assurent ainsi un bon revenu, de même qu'une autosuffisance en alevins et un approvisionnement régulier en intrants à bas prix. La station crée aussi un centre d'intérêt pour les pisciculteurs désireux de se perfectionner techniquement. C'est le cas, entre autre, d'un membre qui utilise ses bassins saisonniers comme bassins de grossissement, empoissonnés avec des fingerlings mâles sexés à la station. L'augmentation de revenus qu'apporte l'élevage de canards n'est aussi disponible, pour la majorité des membres, que dans un contexte collectif, à cause des investissements de base nécessaires et de la charge de surveillance.

Le taux d'absentéisme observé à la station est faible et les membres qui ne peuvent pas se présenter les jours où ils sont programmés se font généralement remplacer par un de leurs enfants. Ceci crée une relève de jeunes qui prendront éventuellement la place des parents, comme c'est déjà le cas pour quelques-uns qui ont obtenu leur statut de membre régulier. Il est évident, cependant, que tout ne s'est pas passé sans un nombre important de litiges, surtout reliés à des accusations de manquement aux tâches prescrites ou de privilèges réclamés ou accordés, etc. Le bureau n'a réussi à asseoir son autorité qu'en pratiquant une politique stricte quant aux règlements de travail. Cela a eu pour effet que les membres du comité exécutif, et surtout le président, ont été perçus comme les seuls décideurs des orientations de la coopérative

et, implicitement, les seuls accusés en cas de problèmes. Le processus de responsabilisation des membres n'est pas terminé et se heurte à une tendance générale au sein des groupements à plutôt se trouver un chef autoritaire sur lequel on décharge ses responsabilités. Quoi qu'il en soit, le Groupement démontre une maturité rapidement acquise et une motivation qui relève d'un intérêt réel pour la pisciculture. Un tel projet n'aurait pas été possible sans les nombreuses années de vulgarisation qui ont fait que la pisciculture s'est progressivement installée dans les habitudes de vie des centrafricains. Aujourd'hui, les pisciculteurs cherchent à s'organiser pour prendre en charge leurs propres besoins et intensifier leur production. La coopérative semble être une forme appropriée d'organisation, mais elle demande un encadrement spécialisé et soutenu. Un tel encadrement des pisciculteurs, qui persistent dans leurs activités et qui désirent s'associer, est hautement souhabitable pour améliorer la qualité de la pisciculture en République centrafricaine.

Références

Deceuninck, V. 1985. Études nationales pour le développement de l'aquaculture en Afrique. République centrafricaine. FAO Circ. Pêches, 770(13), 68.

Lietar, C. 1984. Rentabilité d'une ferme piscicole commerciale en République centrafricaine. Projet CAF/80/002. Document technique n° 18. 45 p.

Little, D., Muir, J. 1987. A guide to integrated warm water aquaculture. Institute of Aquaculture Publications, University of Sterling.

Marquet, J.P. 1985. Le crédit piscicole en République centrafricaine : justification socio-économique et mode d'emploi. Projet CAF/80/002. Document technique n° 28. 45 p.

New, M.B. 1987. Feed and feeding of fish and shrimp. A manual on the preparation and presentation of compound feeds for shrimp and fish in aquaculture. Aquaculture Development and Coordination Programme, ADCP/REP/87/26. 275 p.

LE VOLET PISCICOLE DU PROJET PÉRIURBAIN DE LA COMMUNE DE DALOA

M. Oswald[1] et Y. Copin[2]
[1]Projet piscicole périurbain de la Commune de Daloa (PAPUCD), B.P. 1629, Daloa, Côte d'Ivoire; [2]Association française des volontaires du progrès (AFVP), CEREMHER, B.P. 6-34140, Meze, France

Résumé *L'objectif de ce Projet est de proposer une activité qui puisse devenir essentielle à certains groupes d'individus prêts à investir. Le modèle technique est simple. Il s'agit d'un élevage monosexe de Tilapia nilotica nourri au son de riz, nécessitant 5 étangs au minimum. L'utilisation d'un crédit permet de faire passer cette activité au premier plan de leur occupation. Le fonctionnement des deux premières expériences en pisciculture est présenté. L'analyse des réussites et des échecs est encourageante. Le Projet a toujours eu un rôle important auprès des pisciculteurs et, actuellement, on ne prévoit pas que de nouveaux candidats se lancent sans encadrement dans cette activité. Ces pisciculteurs motivés forment un noyau privilégié qui peut être l'embryon d'une dynamique agricole et qui peut encourager la recherche en vue d'améliorer le modèle technique entièrement géré par le producteur.*

Abstract *The objective of this project is to describe an activity that can become the essential activity of certain small groups prepared to invest in it. The technical model is simple: monosex rearing of Tilapia nilotica fed on rice bran, requiring a minimum of 5 ponds. The use of credit permits this activity to become one of their major concerns. The operations of the first two fish farmers are presented. The analysis of successes and failures is encouraging. The project has always played an important part in support of these fish breeders, and at present it is inconceivable that new culturists would enter the field without extension support. These motivated fish farmers form a nucleus which could support agricultural development and assist research to improve a farmer-managed system.*

Introduction

Origine et objectifs du Projet

L'Association française des volontaires du progrès (AFVP) a décidé, en 1985, de réorienter son action en pisciculture, suite à un constat d'échec de ses propres interventions (particulièrement

en République de Côte d'Ivoire : pisciculture d'autosuffisance en milieu villageois à Gagnoa, pisciculture en Groupement à vocation coopérative (GVC) à Daloa). Ces différents groupes ne pratiquaient pas les cycles d'élevage prévus et étaient dépendants du Projet pour l'approvisionnement en aliment.

Compte tenu de certains résultats techniques et économiques performants (Nambekaha, Natiokabadara) déjà obtenus en République de Côte d'Ivoire, le Département piscicole de l'AFVP a proposé de nouveaux projets situés à Danane, Gagnoa et Daloa. L'objectif est d'abord qualitatif : démontrer la rentabilité économique de cette activité en utilisant l'élevage de Tilapia nilotica en classe d'âges séparés pour pouvoir obtenir un produit facilement commercialisable et prouver la faisabilité de cette pisciculture par des groupes d'individus performants. L'objectif quantitatif était de 10 fermes de 0,2 ha en 2 ans. Le projet de Daloa fut le premier à démarrer.

Le volet piscicole du Projet périurbain de la Commune de Daloa (PAPU-CD) a été financé par le Fonds d'aide et de coopération, la mairie et l'AFVP. Le budget de 1986-1988 est de 22 500 000 F CFA (assistance technique comprise). La somme destinée aux pisciculteurs s'élevait à 3 530 000 F CFA.

Nous tenons à remercier le Projet PNUD/FAO pour son appui sur le terrain. La présentation systématique des pisciculteurs de la région a permis de gagner du temps dans la recherche de candidats et aussi de bénéficier des expériences antérieures dans le domaine de la pisciculture. Nous tenons aussi à remercier le CTFT qui nous proposait une gamme de techniques, relativement simples et performantes, apparemment faciles à vulgariser sur le terrain.

Méthodes et moyens

Un certain nombre de choix préalable ont été confortés au cours de ce projet. Ils sont poursuivis actuellement au niveau de Daloa, Gagnoa et Danane.

Nécessité de cibler des individus

Le monde agricole forme un groupe social très hétérogène. Certaines catégories (gros planteurs de café-cacao) ont tout intérêt à accroître leur surface plantée; pour ceux-là, la pisciculture ne peut être qu'une activité annexe.

D'autres catégories (jeunes, sans plantation, ne pratiquant que des cultures annuelles) cherchent à créer leur propre unité de production (plantation); la pisciculture représente pour eux une alternative intéressante.

Il est donc nécessaire de cibler des candidats qui tireront de cette nouvelle activité des avantages socio-économiques impor-

tants (revenu en liquide, possibilité de construire une famille). Ces individus sont donc des gens à revenus modestes.

Si la pisciculture est un outil d'autopromotion sociale pour un jeune oisif au village, et si elle lui permet de passer au stade de pisciculteur, équivalant à un petit planteur, le jeune pourra alors pleinement entreprendre de construire une famille et il s'investira dans cette nouvelle activité puisque l'abandon de cette activité entraînerait un renoncement à un niveau de vie plus élevé.

Plus le dynamisme et la motivation du pisciculteur seront importants, plus il maîtrisera rapidement la technique. Dans le contexte de Daloa, il nous a semblé possible de présenter cette activité comme une activité principale, voire exclusive (en particulier, à cause du revenu monétaire des paysans et du temps de travail très faible de certains groupes sociaux). Cet aspect facilite l'encadrement et permet de tester plus facilement la motivation (il est très avantageux de travailler avec des individus qui sont en permanence sur leurs étangs). Étant donné l'absence de pratique communautaire, nous avons préféré nous adresser à des candidats isolés, qui recueillaient le consentement de leur famille et qui pouvaient recevoir l'ensemble du message technique et être formés plus facilement.

Accessibilité de l'investissement

Aménagement et réalisation

Le problème majeur de cette pisciculture est qu'elle nécessite un moyen de production (une unité de 5 étangs), inexistant dans la région. En amont du problème de la technique d'aménagement, se pose le problème de la réalisation de ce nouvel investissement. Pour rendre cet outil plus accessible, nous avons demandé aux candidats de s'investir au maximum de leur capacité physique. Le candidat participe beaucoup à la main-d'oeuvre. Ceux qui ne possèdent pas de liquidités doivent travailler à plein temps.

Investissement progressif et montée en production

Toujours dans le souci de diminuer le coût des 5 étangs, une mise en exploitation progressive est pratiquée au fur et à mesure de la construction. Cet empoissonnement permet de constituer un stock de poissons et, deux mois après l'achèvement du cinquième étang, de rentrer en pleine production. À partir de ce moment, le pisciculteur peut vendre 6 fois par an un lot de poissons marchands. L'année de construction et de mise en exploitation progressive joue un rôle pédagogique efficace, puisque le pisciculteur aura pratiqué les différentes opérations de pêche et de vidange.

Qualité des aménagements et intégration

Paradoxalement, l'accent a été mis sur la qualité de construction des étangs. Les étangs (4 ares) sont tous vidangeables, et ils sont équipés de moines. La pente sur l'assiette est de 2 %, et la profondeur varie de 1 à 1,2 m au niveau du moine.

La forte densité de l'encadrement nous a permis de choisir cette option. La qualité de construction allonge la durée de l'étang. La complémentarité dans l'espace agricole de l'aménagement des étangs face aux autres aménagements (bas-fonds rizicoles) fut aussi un souci du projet. Un endroit particulièrement propice est le flanc de vallée juste au-dessus du bas-fond. Au niveau du paysage agricole, il est possible de proposer une complémentarité riz-poisson.

Le crédit

Le projet disposait d'un petit montant destiné à subventionner les installations. Nous avons finalement préféré utiliser cet argent sous forme de crédit subventionné (0 % d'intérêt). Si le candidat démontre qu'il est capable de devenir un pisciculteur confirmé, le crédit permet de conserver sa motivation et d'atteindre la taille des 5 étangs. (À noter aussi que le crédit donne de la crédibilité à l'encadrement.) Il s'élève au plus à 40 % des investissements pour les candidats sans liquidités (matériaux pour les moines et le gros oeuvre des 3 derniers étangs réalisés par une équipe d'ouvriers).

Maîtrise des facteurs de production

Notre encadrement a cherché à se rendre le moins indispensable possible quant au fonctionnement pratique de la pisciculture. Ce choix est aussi celui de combiner les facteurs réellement accessibles aux individus, en respectant le contexte socio-économique. Le paysan, lorsqu'il est responsable de son exploitation, nous permet de tester si l'activité proposée répond à son attente. Le pisciculteur a toujours le droit de renoncer à son activité, permettant ainsi de donner une indication sur les chances de succès de l'introduction de la pisciculture dans la dynamique du système agricole.

En pratique, les choix effectués se résument ainsi :

- Choix d'intrants disponibles localement et accessibles par le paysan. Dans la région, à certains endroits, le son de riz, provenant des décortiqueuses artisanales, est présent en grande quantité, et son coût est très faible (de 0 à 2 F CFA/kg à l'achat). Dans les alentours immédiats de la ville de Daloa, on trouve parfois des quantités importantes de lisier de porc. Ces deux éléments présentent l'avantage d'avoir une composition relativement homogène et, par conséquent, permettent de proposer des normes précises pour leurs emplois.

- Le pisciculteur commercialise lui-même ses poissons. Très rapidement, ce sont les femmes qui sont chargées de la vente. La pisciculture, proposée comme une activité individuelle, devient une activité familiale, signe d'une intégration réelle. Le pisciculteur achète ou reçoit, sous

forme de crédit, ses deux sennes (de 6 et 12 mm) qui sont achetées auprès des Eaux et Forêts.

° Étant donné la faible disponibilité en argent liquide des pisciculteurs, il n'est pas envisageable de proposer un modèle faisant appel à un fonds de roulement en argent liquide; par contre, il est possible de proposer des techniques nécessitant un temps de travail important, à condition que le travail soit rémunéré.

Le modèle technique

Objectif du modèle

Le modèle technique offre au pisciculteur un outil productif et souple qu'il peut maîtriser. De plus, il permet l'échange d'informations entre pisciculteurs, dans la mesure où c'est la même technique qui leur est proposée.

La technique d'élevage se base sur les travaux de recherche du CTFT (Lazard 1980, 1984) et de la FAO (Inspection piscicole de Daloa). Elle peut paraître moins performante que d'autres mises au point en station de démonstration, mais elle est adaptée aux conditions particulières de l'autonomie recherchée et de la gestion technique d'une pisciculture de dimension artisanale.

Le schéma technique

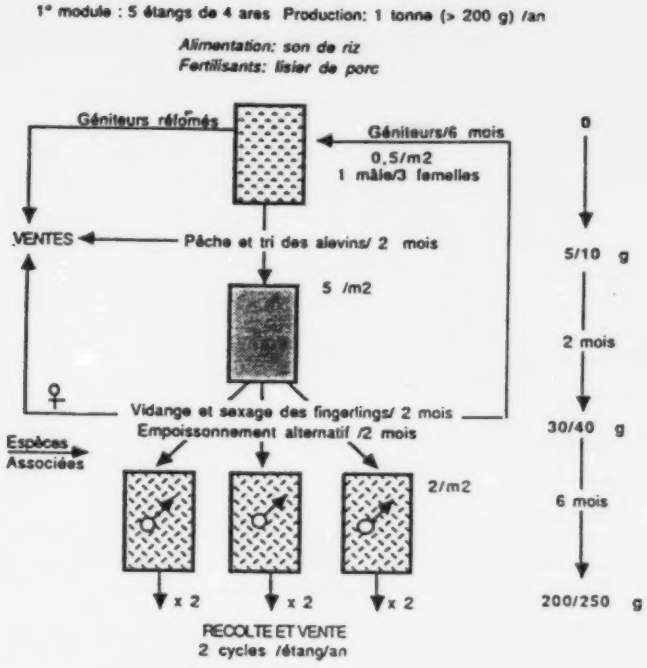
Le schéma technique de production de Tilapia nilotica est basé sur une pisciculture comprenant 5 étangs au minimum, soit une superficie de 20 ares (Fig. 1), dont 2 étangs sont des étangs de service et les 3 autres sont des étangs de production de mâles (il s'agit du premier module réalisé, la taille optimale étant atteinte à 9 étangs, soit 36 ares : 3 étangs de service et 6 étangs de production).

Les étangs de service Étang de ponte ou de production d'alevins : Les géniteurs sont des fingerlings de taille sexable (30-40 g). Ils sont produits sur l'exploitation.

Les chiffres proposés aux pisciculteurs sont les suivants : 0,5 géniteurs/m^2 avec une proportion de 1 mâle pour 3 femelles. Cet étang est pêché avec une senne de 6 mm à intervalles variant entre 1 et 2 mois pour permettre la mise en charge de 1 ou 2 étangs de prégrossissement d'alevins (selon la taille de la pisciculture : 5 ou 9 étangs). Tous les alevins sont pêchés, et les excédents sont sortis et vendus. Lorsque le nombre total d'alevins produits diminue, les géniteurs sont renouvelés.

Les poissons sont nourris 3 fois par jour; la dose du son de riz est de 1 kg/are par jour.

Une moustiquaire, placée sur le tuyau d'alimentation, empêche la pénétration de poissons sauvages.



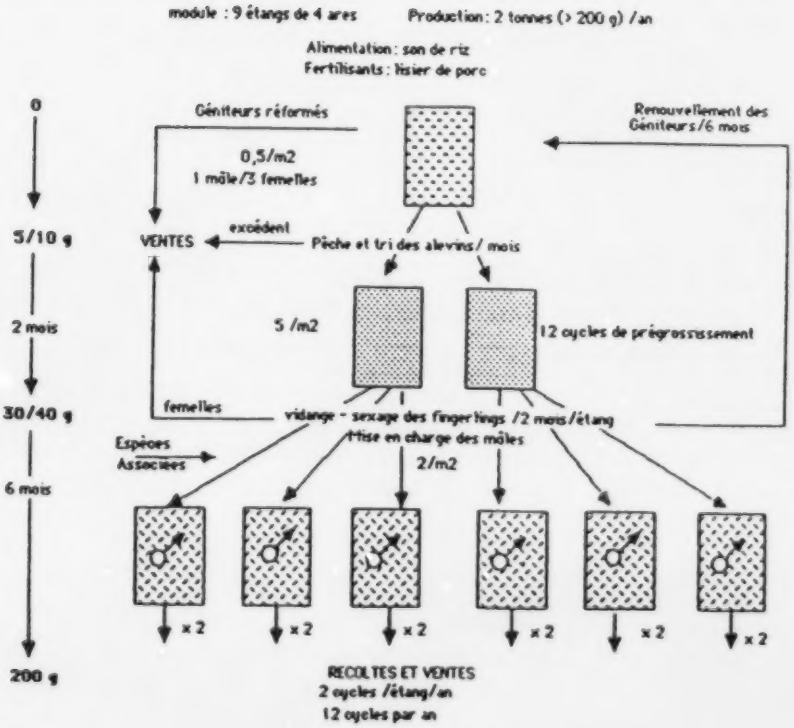


Fig. 1. Schéma d'élevage.

Étang de prégrossissement ou de production de fingerlings : Les étangs sont empoissonnés à une densité de 5 alevins/m². La durée du cycle est de 2 mois. Ensuite, les fingerlings d'un poids variant entre 25 et 60 g sont pêchés et sexés pour ne conserver que des mâles destinés au grossissement. L'étang est vidé et asséché. Les femelles et les mâles en excès sont vendus ou sont utilisés pour réempoissonner l'étang de ponte.

La dose d'aliment est identique à celle de l'étang de ponte, soit 1 kg de son/are par jour.

Les étangs de production Production de tilapia marchand : Les mâles issus du sexage sont mis à une densité de 2 individus/m² pour les poissons de 200 g. La durée du cycle est de 6 mois.

La ration journalière de son de riz évolue selon le schéma suivant :

1,0 kg/are		PM < 120 g
1,5 kg/are	120 g <	PM < 170 g
2,0 kg/are	170 g <	PM

Une fertilisation organique de l'étang est vivement conseillée. Le choix ne s'est porté que sur des matières homogènes facile d'utilisation (lisier de porc, son de riz en excès). Cet essai de formalisation s'appuie sur des observations simples (couleur, temps de pipage, croissance, appétit, etc.). L'eau dans l'étang est renouvelée le moins possible. L'excès d'eau est évacué par une vidange de fond.

Espèces associées : Dans ce type d'exploitation, la polyculture est une option intéressante à deux niveaux :

- elle permet, avec une association de prédateurs (Hemichromis fasciatus, Paraophiocéphallus obscurus), de contrôler l'apparition d'alevins (erreurs de sexage) et le développement des poissons sauvages éventuels;

- elle apporte, avec une association d'espèces aux régimes alimentaires complémentaires du tilapia (Heterotis niloticus, Heterobranchus isopterus et Longifillis), une production supplémentaire importante.

La reproduction de ces espèces étant délicate en étangs, le pisciculteur s'approvisionne à l'aide de nasses dans le milieu naturel.

Pour l'instant, cette polyculture est difficile à systématiser. Les chiffres de mise en charge sont : 2 Tilapia nilotica/m², 0,2 Heterobranchus/m², 0,1 Heterotis/m², et 0,5 Paraophiocéphallus/m².

Résultats

Première étape

La mise sur pied d'un cycle de production comprenant 7 étangs a eu lieu en décembre 1986. Les poissons étaient nourris avec du son de riz provenant d'une décortiqueuse artisanale. Lorsque le pisciculteur a effectué sa première vente, la rentabilité économique de sa production a été clairement démontrée.

Même rentable, cette nouvelle activité allait-elle être capable de relever le défi qui lui était demandé ? A priori, tout le problème de l'acquisition de la technique et de l'intégration à la famille restait posé. Cette étape franchie, il reste à connaître si cette exploitation restera isolée, ou si elle sera capable d'entraîner de nouvelles réalisations qui permettront réellement d'intégrer cette activité dans l'histoire agricole locale.

Résultat et état d'avancement

Aujourd'hui, le projet encadre 13 pisciculteurs, qui sont responsables de la gestion de 60 étangs, répartis comme suit :

Les pisciculteurs autonomes

Deux pisciculteurs sont parfaitement autonomes et ont montré une maîtrise totale dans la gestion de leur exploitation. Ils utilisent comme intrant du son de riz et du lisier de porc. Ils disposent de 5 et 9 étangs, respectivement. Ils suivent exactement le modèle proposé et les résultats deviennent homogènes. L'encadrement consiste à enregistrer les résultats de pêche et à dispenser quelques conseils.

Entrée en production de 4 pisciculteurs

Ces 4 pisciculteurs disposent de 5, 7, 7 et 10 étangs, respectivement. Ils ne maîtrisent pas l'environnement (problème d'approvisionnement en son de riz, mauvaise organisation du travail). Ils connaissent la technique et approuvent l'utilité de certaines pratiques (association de prédateurs, fertilisation), mais ils ne les appliquent pas encore. Certains ont envisagé la pisciculture comme une activité complémentaire. Ils ont mis, d'ailleurs, beaucoup plus de temps à acquérir la technique. L'absence de lisier de porc a conduit, chez l'un d'eux, à conseiller la distribution du son de riz disponible en grande quantité, accentuant la fertilisation des étangs.

Les échecs

Les pisciculteurs se sont montrés incapables d'appliquer le modèle. Le premier fait face à un problème de main-d'oeuvre qui limite la production, le second est tombé malade, et les travaux ont été jugés non faisables par le troisième. Ces derniers ont trouvé que la pisciculture ne leur convenait pas; ils n'ont pas critiqué la rentabilité de celle-ci.

L'évidence de ces échecs démontre la nécessité de bien choisir les candidats.

Les nouveaux candidats

Le Projet a entrepris de trouver de nouveaux candidats intéressants en respectant cette démarche. Quatre candidats ont déjà été sélectionnés et surprennent par leur détermination et leur motivation. Ils seront en pleine production avant décembre 1989 (il s'agit de candidats jeunes, isolés, dans des villages avec des décortiqueuses et un gros marché local ou en zone périurbaine). On commence à percevoir une certaine dynamique entre les pisciculteurs autour d'un bas-fond rizicole où ils ont été regroupés pour l'utilisation de l'eau et où ils s'échangent des lots de poissons.

Il existe un grand nombre d'endroits où le contexte semble favorable.

Il est intéressant de décrire l'organisation et le fonctionnement de ces nouvelles exploitations agricoles.

Monographie de deux pisciculteurs

Doso Daouda

Le premier, Doso Daouda, est en production depuis décembre 1986. Il disposait de 2 étangs à la fin de 1985. Il a fait 9 vidanges en 1987 avec 7 étangs de 4,5 ares, alors qu'il prévoit en faire 12 en 1988 avec 9 étangs. Ce sont des étangs de dérivation, situés sur le versant d'un bas-fond rizicole. Le canal de vidange des étangs correspond au canal d'irrigation du riz. Les résultats des cycles de production pour l'année 1987 jusqu'à septembre 1988 sont présentés dans le Tableau 1. On peut constater qu'il maîtrise parfaitement sa production puisqu'il réalise seul les opérations depuis le cinquième cycle.

La nourriture est distribuée en 3 repas. À chaque repas, il y a plusieurs passages pour satisfaire correctement l'appétit des poissons. Des pesées faites à l'improviste montrent que les doses sont, en général, plus fortes que celles conseillées : 1,1 kg/are par jour de son en début de cycle, 1,8 kg/are par jour en milieu de cycle, et 2,5 kg/are par jour en fin de cycle - ce qui correspond à peu près à la quantité globale arrivant sur l'exploitation : 1 sac (70 kg par sac).

Les quantités de lisier sec sont de 4 brouettes/8 jours sur les étangs de production, et de 2 brouettes/8 jours sur les étangs de service (soit à peu près 3 kg/are par jour sur les étangs de production).

Aperçu de sa situation économique Au départ, les fils de Doso amenaient le son de riz chaque matin, alors que maintenant ils le font acheminer par des «pousses-pousses». Le lisier sec est ramassé gratuitement dans une porcherie voisine, à moins de 500 m. Plusieurs fois, le manque de liquidité a provoqué des ruptures

Tableau 1. Résultats des étangs de production.

Numéro de vidange	Empoissonnement		Récolte				Résultat	
	PMI (g)	Densité par m	PMF (g)	Survie (%)	Durée (j)	GMQ (g/j)	Rendement (t/ha)	Recette (F CFA)
Doso Daouda								
1	36	3,0	176	64	225	0,62	3,8	73 275
2	36	2,4	192	94	272	0,57	4,6	87 300
3	20	2,3	192	76	259	0,68	4,1	80 500
4	22	2,5	171	89	176	0,85	6,6	75 350
5	36	2,6	192	77	190	0,82	5,6	95 700
6	55	1,4	252	101	182	1,05	5,7	57 700
7	67	2,2	202	95	212	0,64	4,6	72 630
8	57	1,8	189	80	169	0,74	3,6	51 025
9	37	2,2	200	75	175	0,93	5,2	69 900
10	42	2,0	161	95	220	0,54	3,7	79 100
11	46	1,6	183	100	203	0,67	4,0	58 650
12	37	1,9	200	89	244	0,67	4,0	70 750
13	40	1,6	181	58	273	0,51	1,5	-
14	72	1,7	224	98	189	0,80	4,8	-
Moyenne	44	2,0	194	85	214	0,72	4,4	70 000
Euloge								
1	57	2,0	140	80	184	0,45	2,2	30 450
2	46	1,9	142	83	185	0,51	2,7	24 600
3	33	1,8	189	84	182	0,95	4,6	35 100
Moyenne	45	1,9	157	83	184	0,64	3,2	30 050

Note : Le rendement a été calculé en considérant que le poids final des poissons était atteint dès le premier jour de la vente. Ceci conduit à une légère surestimation; cependant, la croissance pendant la période de la vente est très faible d'après les pêches de contrôle et cela est probablement dû au stress provoqué par les pêches successives.

d'approvisionnement en son de riz. Doso connaît l'existence d'autres aliments plus performants. Cependant, pour l'instant, ils ne lui sont pas accessibles.

L'activité est pratiquée à l'échelle familiale. Les deux fils sont en permanence sur l'exploitation, la femme et les filles vendent le poisson (Doso est le chef d'une famille nombreuse dont plusieurs enfants sont scolarisés).

Il a emprunté une somme de 430 000 F CFA (sur un investissement total d'environ 1 500 000 F CFA). Aujourd'hui, il ne lui reste plus que 250 000 F CFA à rembourser.

L'évaluation de son revenu mensuel était de 54 000 F CFA (Copin et Oswald 1988). Chaque année, il réalise deux nouveaux étangs.

Résultats Ces résultats ne sont pas à considérer comme des données scientifiques; ils sont plutôt des outils permettant de décrire de façon pertinente leur activité.

Les étangs de production (monosexe) Les survies faibles du Tableau 1 proviennent de la suppression des femelles à chaque pêche de contrôle. Les mauvais résultats des cycles 10, 11, 12 et 13 correspondent à une période de travaux entrepris par le pisciculteur en pleine saison sèche sur le canal d'alimentation, entraînant une baisse importante du niveau d'eau dans les étangs. Le rendement faible du cycle 13 serait probablement dû à un vol. On constate, néanmoins, qu'un rendement annuel de 5 t/ha peut être facilement dépassé. La majorité des étangs est parfaitement contrôlée par des Paraophiocephallus.

Au cycle 6, malgré une taille très supérieure à la moyenne (essai à faible densité), sa recette est plus faible car la vente a coïncidé avec la période de pêche en basses eaux sur les barrages de Kossou et Buyo (août et septembre) qui saturent le marché.

Les étangs de fingerlings ou de grossissement d'alevins Les durées importantes des cycles 11, 12 et 13 sont dues au décalage du calendrier en août-septembre (Tableau 2).

La polyculture Le Tableau 3 reprend quelques associations pratiquées. Bien que l'association de l'Heterotis nilotiçus et de l'Heterobranchus isopterus soit systématiquement pratiquée chez lui, le nombre de données exploitables est encore trop faible.

L'Heterotis Depuis deux ans, à chaque mois de juin, les Heterotis se sont reproduits dans des étangs de production où des nids avaient été aménagés pour eux. Les résultats figurent au bas du Tableau 3. Le nombre d'alevins récoltés est plus faible lors de la deuxième ponte. Il couvre encore entièrement les besoins de l'exploitation. Ceci montre que l'Heterotis devrait pouvoir s'associer parfaitement au cycle du tilapia (reproduction dans un étang de production, grossissement des «alevins» dans des étangs de fingerlings, grossissement des Heterotis pour la vente dans les étangs de production). Un Heterotis de 2,5 kg se vend 1 000 F CFA à Daloa.

L'Heterobranchus Le résultat des Heterobranchus isopterus est décevant face aux possibilités apparentes du Clarias et de l'Heterobranchus longifillis. Cependant, c'est celui qui est le plus abondant à Daloa et, étant donné son prix de vente de 700 F CFA/kg, son association reste intéressante.

Ces résultats révèlent le dynamisme du pisciculteur toujours ouvert à de nouvelles améliorations. L'acadja lui est apparu une technique potentiellement intéressante. Conscient de cet enjeu, il a accepté de planter lui-même les 2 000 bambous dans un étang de production. L'apport de production pourrait permettre de produire des tilapias marchands de taille supérieure, tout en diminuant la

Tableau 2. Résultats des étangs de fingerlings.

Numéro de cycle	Empoissonnement PMI (g)	Empoissonnement Densité par m	Récolte PMF[a] (g)	Récolte Mâles utilisés (%)	Récolte Durée (j)	Récolte GMQ (g/j)
			Doso Daouda			
1	5,8	7,4	22	33	88	0,2
2	7,8	5,7	36	51	70	0,4
3	13,0	5,0	55	25	72	0,6
4	16,5	5,5	67	39	65	0,8
5	2,4	6,9	59	26	96	0,6
6	3,7	5,7	37	39	72	0,5
7	10,5	6,2	33	47	44	0,5
8	3,8	5,8	40	38	79	0,5
9	1,6	5,4	40	30	78	0,5
10	4,2	7,7	30	43	67	0,4
11	6,0	5,5	52	38	127	0,4
12	10,0	6,7	49	28	109	0,4
13	6,6	4,7	52	42	110	0,4
Moyenne	7,1	6,0	44	37	83	0,5
			Euloge			
1	3,0	5,5	39	38	58	0,6
2	14,5	4,7	46	39	39	0,8
3	6,0	4,7	33	39	62	0,4
4	10,0	6,0	33	33	67	0,3
5	8,6	5,0	40	41	66	0,5
6	7,5	3,5	46	40	75	0,5
Moyenne	8,3	4,9	39,5	38	61	0,5

[a]Mâles réutilisés pour le grossissement.

quantité de son de riz nécessaire (Hem 1988). (Cet étang a été empoissonné avec un taux correct de Paraophiocephallus. Il sera vidé en une fois et sera transféré dans un étang de vente.)

Euloge

Le second pisciculteur, Euloge, est en production depuis décembre 1987 avec 5 étangs.

Apercu de sa situation économique Euloge bénéficie d'une décortiqueuse dans son village et d'une porcherie, si bien que tous ses intrants lui sont cédés gratuitement. Son crédit s'élève à 298 000 F CFA. Le revenu de ses trois pêches, toutes espèces confondues, est en progression (31 000, 33 000 et 43 000 F CFA, respectivement). La seule dépense qu'il a eu à effectuer pendant

Tableau 3. Résultats de quelques associations.

Empoissonnement		Récolte				
PMI (g)	Densité par m	PMF (g)	Survie (%)	Durée (j)	GMQ (g/j)	Rendement (t/ha)
Association alevins d'Heterotis-alevins de tilapias (étangs de fingerlings)						
Cycle (cf Tableau 2)						
8	6,5	0,2	84	96	49	1,6	1,1
10	160	0,2	270	98	67	1,6	1,1
Association Heterotis-tilapias mâles (étangs de production)						
Vidange (cf Tableau 1)						
12	83	0,03	2 683	100	229	11,3	1,2
13[a]	160	0,02	2 893	88	176	15,5	1,0
13[a]	544	0,02	2 214	88	81	20,6	1,3
Association Heterobranchus isopterus-tilapias mâles (étangs de production)						
Vidange (cf Tableau 1)						
12	476	0,06	735	88	236	1,1	0,2

Alevins d'Heterotis récoltés (étangs de production)

Numéro de vidange	Durée (j)	NB	PM (g)	Numéro de vidange	Durée (j)	NB	PM (g)
8	17	19	1,0	?	59	59	7,5
	35	100	6,5	Pas encore	67	4	7,5
	57	100	13 5	vendu	88	4	25,0
	87	87	26,0		94	45	35,0
	90	25	25,0		100	52	43,0
	122	31	40,0		107	77	50,0
	168	165	99,0				
NB total récolté		527				241	

[a]Deux cycles d'Heterotis ont été effectués pendant un cycle de tilapias.

Note : La durée est le nombre de jours après la reproduction observée dans l'un des nids aménagés. Les géniteurs sont au nombre de 10/4,5 ares (PM : 2 500 g).

cette période fut la réparation de sa brouette pour une valeur de 3 000 F CFA. Son revenu devrait rapidement s'améliorer puisque son prix de vente n'était que de 262 F CFA/kg. Cette vente correspond à une période où il n'y a pas d'argent au village - période avant la traite. De plus, il compte réaliser un sixième étang (décembre 1988).

Résultats Au départ, pour les cycles 1 et 2 du Tableau 1, l'absence totale de stock de son et de liquidité a provoqué des ruptures d'approvisionnement en son de riz pendant deux mois et demi. Le cycle 3 est tout à fait comparable aux résultats de Doso. Le tableau révèle davantage l'expérience acquise par le pisciculteur. Euloge aura effectué 5,5 pêches de vente en 1988 avec 5 étangs.

Contraintes et atouts

Les contraintes de la démarche

Les intrants

La contrainte majeure réside dans l'alimentation et la fertilisation. En effet, le son de riz, qui constitue la base de l'alimentation dans le modèle, doit se trouver en quantité importante (les 5 étangs «consomment», en principe, 25 kg). S'il n'y a pas de décortiqueuse à proximité, la pisciculture ne peut, dans l'état actuel des connaissances, être proposée. L'emploi d'un aliment cher interdit l'accès de la pisciculture à des personnes à revenus modestes.

La recherche de nouveaux modèles de production piscicole permettrait d'élargir considérablement l'implantation de cette nouvelle activité dans une même démarche d'autonomie et d'intégration dans le paysage agricole. Peut-être existe-t-il une voie en combinant la fertilisation, les acadjas, la polyculture, etc.

Le crédit

Le crédit s'est avéré comme un outil indispensable pour permettre à la personne de réaliser rapidement son unité de production. Le crédit n'est jamais en argent liquide, mais sous forme de matériel ou de main-d'oeuvre. Il apporte de la crédibilité à notre action.

Malheureusement, pour l'instant, le projet est intervenu financièrement chez tous les candidats. Il s'est parfois élevé à des sommes modiques lorsque le projet ne faisait qu'assurer le fonds de roulement du chantier (100 000 F CFA). Certains nouveaux candidats sont en cours d'installation sans aucune aide financière. Cependant, le crédit semble un moyen pour installer des personnes démunies (jeunes, déscolarisés, sans ressources). Le projet suggère à la famille de les soutenir (la comparaison entre l'investissement consenti par la famille pour la scolarisation de son enfant et l'investissement pour réaliser une pisciculture est tout à fait concluante).

L'encadrement

L'intensité actuelle de l'encadrement ne permet pas d'envisager un développement à grande échelle. Dans un premier temps, il était nécessaire de garantir la fiabilité de l'outil mis en place (technique piscicole et construction). L'analyse topographique des sites et l'encadrement du creusage demandent un temps particulièrement important.

La qualité des aménagements est aussi intéressante à plusieurs niveaux : un aménagement de qualité représente, pour le pisciculteur, un capital héritable au même titre qu'une plantation de café-cacao; elle facilite la découverte de la pisciculture (nombre de poissons mis en charge retrouvés à chaque vidange); elle permet également une meilleure valorisation des intrants de faible valeur en utilisant toutes les potentialités de l'écosystème de l'étang.

Sans cette intensité d'encadrement, il n'est pas envisageable de réaliser des étangs de cette qualité. Néanmoins, l'opération des exploitations piscicoles peut être considérablement allégée chez les paysans bien ciblés, les premiers pisciculteurs servant de base de formation aux nouveaux candidats.

Les atouts

Les pisciculteurs sont autonomes et ont toutes les chances de survivre au projet. Ce sont des professionnels qui effectuent un travail de qualité et qui s'approprient la technique (ils valorisent des intrants de mauvaise qualité difficilement valorisables autrement). Ils sont fiers de leur nouveau rôle social. Ils sont dynamiques et cherchent à agrandir leur nouvel outil de production. Ils ont le souci de voir la pisciculture se développer. Le tabou de l'investissement piscicole peut être levé (coût en travail ou en argent). Les pisciculteurs ont clairement démontré que cet investissement leur semblait rentable. Le fait que certains aient déjà agrandi leur unité initiale est un signe de bonne santé.

Dans ces conditions, il est tout à fait possible d'installer un petit noyau très performant. Les pisciculteurs seront, à leur tour, capables de faire évoluer la technique en vue d'un compromis optimal entre les contraintes du tissu socio-économique et celles de la pisciculture. Les hauts rendements atteints sur des petites surfaces, difficilement valorisables autrement, permettent à des gens de bien vivre sur ces petites exploitations. Ces gens produisent, de plus, une denrée demandée par la société. Les coûts de production sont si faibles qu'ils permettent d'entrevoir un large éventail d'évolutions futures.

La pisciculture est peut-être une façon de donner aux gens les moyens de réorganiser leur espace agricole. Le pisciculteur, en maîtrisant son aménagement, risque d'entraîner les gens à réorganiser les bas-fonds autour de lui.

En conclusion, les pisciculteurs paysans de ce modeste projet n'invitent-ils pas ceux qui le désirent à ouvrir la voie d'une réflexion où la pisciculture n'est plus qu'une composante agricole à intégrer dans les systèmes agraires ?

Références

Copin, Y., Oswald, M. 1988. La pisciculture semi-intensive du Tilapia devient une réalité sociale et économique. Aqua Revue, 17.

Hem, S. 1988. Proposition d'un projet d'essai du système d'acadja-bambou en étang d'eau douce dans la région de Bouaké. CRO, Abidjan.

Inspection piscicole de Daloa. Élevage monosexe de Tilapia. Lettre circulaire 150/MDR/DR-CO-IPO. Direction régionale du Centre-Ouest.

Lazard, J. 1980. Le développement de la pisciculture intensive en Côte d'Ivoire. Revue Bois et Forêts des Tropiques, 190.

——— 1984. L'élevage du Tilapia en Afrique. Revue Bois et Forêts des Tropiques, 206(4).

MISE EN OEUVRE D'UNE PISCICULTURE EN ÉTANGS NON VIDANGEABLES SUR NAPPE PHRÉATIQUE AU BÉNIN

Barnabé Kpogbezan et Jean-Pierre Hirigoyen
Projet de développement de la pisciculture
B.P. 03, 1041 Cotonou, République populaire du Bénin

Résumé *Depuis 1979, la République populaire du Bénin, avec l'aide de la Commission des communautés européennes, a construit et mis en exploitation une ferme piscicole dont les étangs non vidangeables sont alimentés en eau par la nappe phréatique sous-jacente, ce qui a tout d'abord nécessité la mise au point des techniques de construction des étangs en terrain marécageux. Les expériences conduites à Godomey ont permis d'élaborer les méthodologies d'élevage de tilapia adaptées aux contraintes physico-chimiques des étangs non vidangeables, dans le cadre de la production d'alevins et de juvéniles d'Oreochromis niloticus et d'hybrides variés. Les résultats obtenus au Bénin permettent aujourd'hui de présenter ce mode de pisciculture comme une alternative sérieuse, financièrement cohérente, pour la mise en valeur des terres inexploitées des zones marécageuses tropicales.*

Abstract *Since 1979, the People's Republic of Benin, with the help of the Commission of the European Communities, has set up and put into operation a fish-breeding station with non-drainable ponds fed by underlying groundwater. The first requirement of this project was the development of techniques for constructing ponds in marshy ground. Experiments conducted at Godomey led to the design of tilapia culture methods adapted to the physical and chemical constraints of non-drainable ponds, and aimed at producing Oreochromis niloticus fry and fingerlings and assorted hybrids. In view of the results obtained in Benin, this type of fish culture can now be considered a serious, financially coherent alternative, allowing use of undeveloped land in swampy tropical areas.*

Introduction

La population de pêcheurs du lac Nokoué, au Bénin, est connue des Européens depuis deux siècles pour sa parfaite adaptation aux conditions écologiques du lac, adaptation qui lui a permis d'imaginer et de mettre en oeuvre des pratiques de pêche hautement performantes, en acadja notamment.

Afin d'augmenter et de valoriser les ressources alimentaires de ce milieu humain exceptionnellement réceptif, mais dont les conditions de vie se sont dégradées au cours des dernières décennies, un projet bénino-européen a été mis en place pour promouvoir les techniques d'élevage de tilapias en enclos dans le lac (Fig. 1).

Il était initialement prévu que seule la phase de grossissement du juvénile au poisson marchand se déroulerait en enclos.

La production des juvéniles nécessaires à la mise en charge des enclos imposait de construire une station d'alevinage à proximité immédiate du lac, afin de limiter les problèmes dus au transport des poissons entre la station et les enclos. La répartition de la population particulièrement dense, qui est regroupée en quelques villages sur le lac, limitait le choix des sites utilisables. On s'est donc tourné vers des terrains marécageux, impropres aux cultures traditionnelles.

C'est le site de Godomey, en bordure de la lagune Djonou, qui fut retenu. L'environnement physique ne permettait pas la mise en place d'étangs classiques vidangeables, alimentés en eau de façon gravitaire.

Une alimentation en eau par pompage ne paraissait pas compatible avec la pérennité du fonctionnement de la pisciculture, à cause du coût prohibitif lié au fonctionnement des pompes, d'une part, et à cause de la multiplication des problèmes techniques liés à la maintenance des appareillages, d'autre part.

On a donc opté pour la mise en place d'étangs alimentés en eau par remontée de l'eau de la nappe phréatique sous-jacente.

Génie civil

Description des installations

La Station piscicole de Godomey est équipée de 55 étangs en terre de 800 m² de superficie chacun, construits en ligne continue en trois séries successives s'étirant sur une longueur de 1 400 m sur la rive droite de la lagune Djonou.

De l'aval vers l'amont, sens chronologique de progression de la construction des étangs, chacune des séries successives d'étangs se différencie de la précédente par une élévation de 50 à 70 cm environ du niveau de l'assiette des étangs et des digues inter-étangs.

L'alimentation en eau des étangs se fait par remontée de l'eau de la nappe phréatique.

Du côté de la lagune Djonou, les étangs sont protégés des crues annuelles par une digue de protection. À la construction,

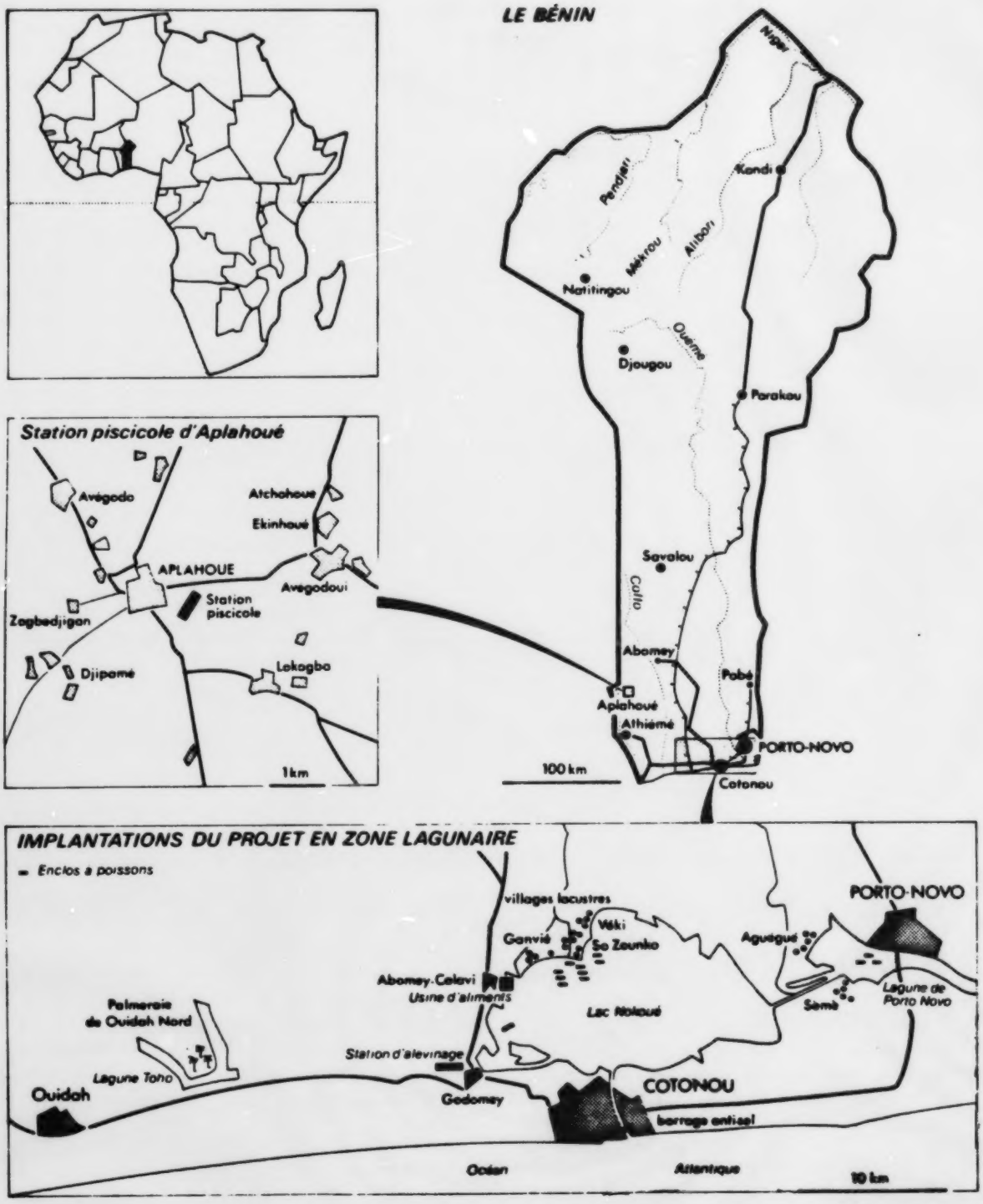


Fig. 1. Situation géographique et implantation du Projet de développement de la pisciculture au Bénin.

cette digue s'élevait à 1,5 m au-dessus du niveau des digues inter-étangs. Huit ans après sa construction, cette digue s'est tassée et érodée et ne domine désormais le niveau des digues inter-étangs des 30 premiers étangs que de 50 à 80 cm au maximum.

Un canal exutoire longe la digue du côté de la lagune; son rôle est de faciliter l'évacuation des eaux au moment de la décrue annuelle.

Du côté de la berge de la lagune Djonou, les digues inter-étangs sont équipées de pertuis en béton, en nombre croissant de série en série, de l'amont vers l'aval.

Ces pertuis présentent une section de 47 x 35 cm; ils sont équipés d'un double système de grillage afin d'interdire la circulation des poissons entre les étangs.

Outre les installations annexes habituelles sur ce genre d'exploitation (bureaux, magasins, hangars), la Station de Godomey dispose de deux porcheries d'une capacité annuelle de production de 280 porcs de 80 kg, ainsi que d'un poulailler d'une capacité d'accueil de 300 pondeuses.

Ces élevages complémentaires permettaient d'obtenir les quantités nécessaires de lisier de porc et de fumier de poulailler pour assurer la fertilisation organique des étangs.

Construction des étangs

Nivellement

Le terrain qui accueille la pisciculture se présente comme une bande s'étirant le long de la lagune de Djonou, sur une longueur de 2 500 m et une largeur de 60 m environ. Le sol est de nature sablo-argileuse, peu consistant, et donc susceptible d'éboulement.

La côte moyenne du terrain a été choisie arbitrairement à 1 m au-dessus du niveau de la nappe en janvier 1979, et de façon à faire le maximum de terrassement en terres hautes, en se maintenant au plus près de la berge de la lagune afin de pouvoir atteindre rapidement la nappe aquifère par une excavation réduite. Ceci assure donc l'alimentation en eau des étangs par remontée de la nappe phréatique. Les fluctuations de la nappe ont été mesurées pendant 3 ans avant la mise en chantier.

Les déblais de la partie haute ont servi de remblais pour les parties basses.

Étangs

Une fois le terrain nivelé, les étangs sont piquetés. Ils sont installés perpendiculairement à la berge de la lagune, leur surface en eau devant atteindre 35,5 x 22,5 m, soit une superficie d'environ 800 m^2.

La profondeur des bassins est telle qu'en saison sèche, la lame d'eau au-dessus du point le plus élevé de l'assiette du bassin soit à 0,5 m au minimum.

Une pente longitudinale de 1,5 % a été donnée à l'assiette de l'étang, vers la lagune, afin de faciliter les vidanges éventuelles par pompage.

Pour les premiers étangs construits, la largeur au sommet des digues inter-étangs atteint seulement 1 m; elle a ensuite été doublée pour les étangs suivants. Les étangs sont creusés à la pelle mécanique (Fig. 2). La pente des berges était, à l'origine, de 3/2, donc sensiblement voisine de l'angle de frottement interne d'un terrain sableux ou argilosableux. Le talutage des berges a été réalisé manuellement, une pompe d'assèchement évacuant l'eau vers la lagune pendant les travaux (Fig. 3).

Digue de protection

Les déblais provenant des fouilles sont déposés sur un remblai de protection, côté lagune, de façon à construire une digue qui protègera la pisciculture contre les crues annuelles de la lagune Djonou dont le niveau est extrêmement variable.

La hauteur de cette digue au-dessus du niveau du terrain aplani était de 1,5 m, avec des talus de 1/1. La largeur à la crête est de 2 m environ. La crête et ses talus ont été fixés à l'aide d'un gazon sauvage.

Piste

Une piste de 7 m de large est tracée à 4 m en surélévaton des étangs et court le long de l'ensemble des installations (Fig. 4). Un fossé triangulaire de 0,5 m de profondeur, situé vers les terres hautes, reçoit les eaux de ruissellement de la piste dont la bande de roulement présente un dévers unique de 3 %, côté fossé.

Mise en service des étangs

Évolution des caractéristiques physico-chimiques du milieu aquatique

L'eau de surface courant dans le marécage présente un pH de 6, acide, mais proche de la neutralité. De couleur brune, la transparence de l'eau au disque de Secchi atteint 50 cm en saison sèche. Sa température subit des variantes de très faible amplitude entre 25 et 30 °C. Sa teneur en oxygène dissous évolue de 4,5 à 5 mg/L. Le milieu semble donc globalement favorable à la pisciculture.

Les premiers étangs mis en service présentaient un pH variant entre 5,4 et 6,7. Au-delà du 5e étang, des valeurs extrêmement basses de 3,4 à 4 unités de pH sont enregistrées.

Fig. 2. Creusement des étangs : aplanissement du terrain au bouteur à pneus et creusement des étangs à la pelle mécanique.

Fig. 3. Talutage des digues : le travail est effectué manuellement; la pompe assure l'évacuation des eaux de remontée pendant les travaux.

Fig. 4. Les étangs de tête de la pisciculture de Godomey : à partir de l'habitation située au premier plan, on peut observer la piste longeant les étangs; ceux de 800 m² dont certains présentent encore des digues endommagées lors des inondations de 1987; la digue extérieure que double un canal de drainage; le marécage de la lagune Djonou couvert de Typha.

À l'évidence, le sol du marécage contient des sulfures de fer et d'aluminium, ce qui est une composition classique des sols tropicaux des zones de mangroves.

Tant que le sol du marécage demeure immergé, des conditions de milieu anaérobie sont maintenues du fait de la décomposition des matières organiques déposées dans les couches supérieures du terrain. Le pH du milieu demeure proche de la neutralité.

Lorsque le terrain est drainé et aéré, les pyrites sont oxydés de plus en plus rapidement, les réactions chimiques libérant des quantités très importantes d'acide sulfurique, lesquelles abaisseront considérablement le pH des eaux de drainage.

Ces conditions ont été réunies lors de la construction des étangs. Le sol, bouleversé par les excavations faites à la pelle mécanique, a été drainé en raison du pompage vigoureux, indispensable à mettre en oeuvre pour effectuer le talutage manuel des digues. Ce pompage a provoqué un lessivage rapide des sols avoisinants par l'évacuation systématique de l'eau remontant de la nappe phréatique.

Les terrains à sulfate acide, aménagés pour accueillir des étangs de pisciculture, poseront immanquablement les problèmes suivants :

- en milieu d'acidité forte : mortalité totale des poissons mis en charge;
- en milieu d'acidité moyennement forte (5-5,5) : fertilisation inefficace, notamment phosphatée; productivité naturelle très faible; croissance très lente et mauvaise survie des poissons; érosion accélérée des digues au contact du milieu aquatique acide.

Normalisation de la qualité de l'eau des étangs

Afin de ramener le pH de l'eau à la neutralité, ou même afin de le rendre légèrement basique, un chaulage doit être pratiqué systématiquement avant la mise en charge des étangs.

Trois essais ont été conduits à Godomey pour déterminer les quantités de chaux à épandre afin de concilier une vitesse suffisamment élevée de neutralisation du milieu aquatique avec un coût de traitement abordable.

Des doses de 625, 1 250 et 3 125 kg/ha ont été employées, respectivement (50, 100 et 250 kg par étang de 800 m^2). Aux deux premières doses utilisées, un pH de 6,5 est atteint, 2 jours après le traitement, et se maintient à une valeur de 7,5 au bout de 8 jours. À une dose de 3 125 kg/ha, un pH de 8,5 est atteint, 2 jours après le traitement, et se maintient à une valeur de 9,3 une semaine plus tard, soit une valeur trop forte pour effectuer un élevage piscicole dans de bonnes conditions de milieu.

À la suite des résultats de ce test, tous les étangs nouvellement construits ont été traités par chaulage à une dose de 625 kg de chaux vive par hectare.

Contrôle des fluctuations des volumes d'eau dans les étangs

Étiage

Tel qu'indiqué précédemment, le point le plus élevé de l'assiette des étangs a été déterminé en saison sèche et établi à 50 cm au-dessus du niveau le plus bas de la lame de la nappe phréatique. Cependant, en 1986, quelques étangs se retrouvent asséchés.

Concommitamment, on observe un assèchement de l'ensemble des cours d'eau recevant les eaux de drainage du plateau d'Allada, plus particulièrement de Godomey à la ville de Ouidah, au nord de l'axe routier reliant Cotonou à Lomé au Togo.

Cet assèchement dramatique est lié à la mise en service, à partir de 1985, à Pahou, d'une station de pompage prélevant l'eau

de la lagune Toho pour assurer l'irrigation des palmeraies du site de Ouidah Nord.

C'est donc l'interférence d'interventions humaines qui a engendré la mise en assec des étangs les plus récents, qui sont aussi les étangs les plus élevés par rapport au niveau moyen du lac Nokoué.

Afin de résoudre ce type de problème, il est alors indispensable de disposer d'eau de forage pour alimenter les étangs. C'est heureusement le cas de la Station de Godomey. Ces forages servent à alimenter en eau des infrastructures hors sol dans lesquelles sont assurées les reproductions de diverses espèces de tilapias.

Les eaux issues des bacs et raceways, qui étaient perdues auparavant, sont désormais filtrées et collectées pour être conduites par gravité et à volonté dans chacun des étangs de la station grâce à la pose d'une conduite de 160 mm.

Inondations

La Station de Godomey étant construite au niveau d'un marécage, les inondations sont les calamités les plus graves encourues par les installations.

Des inondations ont été observées en 1982 et 1983, et le sont à nouveau en septembre et octobre 1987. Ces inondations sont la conséquence directe des précipitations exceptionnellement violentes qui s'abattent ces années-là sur le sud du Bénin.

Afin de contrôler au mieux l'inondation, les étangs sont doublés d'une digue extérieure qui limite les entrées d'eau. Cependant, il est bien évident que, lorsque le niveau de la nappe phréatique s'élève, le niveau d'eau dans les étangs augmente d'autant, l'eau y pénétrant par capillarité.

Au moment de la décrue dans le marais, on a constaté que les étangs conservaient longtemps un très fort volume d'eau car la baisse du niveau de la nappe phréatique est beaucoup plus longue à amorcer que la décrue des eaux de surface. Cette situation est tout à fait préjudiciable à la reproduction des tilapias, lesquels ne pondent plus sur des substrats situés à plus d'un mètre de profondeur, donc en milieu anoxique.

Il a donc fallu équiper la station des systèmes permettant de ramener rapidement la hauteur d'eau dans les étangs à une valeur compatible avec l'élevage piscicole.

Deux systèmes de drainage ont été mis en place : d'une part, un canal extérieur à la digue de protection des étangs a été creusé, qui permet d'accélérer notablement la décrue dans le marais et, d'autre part, un système de pertuis a été installé sur la totalité des digues inter-étangs. En conséquence, ces pertuis évacuent, par la surface et par gravité, l'excédent d'eau dans les étangs (Fig. 5).

Fig. 5. Étangs de Godomey : au premier plan, les pertuis inter-étangs assurant l'évacuation des eaux lors de la décrue.

Conduite des élevages piscicoles

Méthodologie : généralités

Les poissons produits à Godomey sont des Cichlidae, choisis parmi les espèces Oreochromis niloticus, O. hornorum, O. mossambicus et O. spilurus, élevés en espèces pures ou en combinaison pour l'obtention d'hybrides.

Leur élevage s'effectue d'une manière désormais classique en trois phases successives : production d'alevins, production de juvéniles, et production de poissons de consommation. Cette dernière phase s'effectue normalement en enclos en lagune.

L'amélioration des résultats obtenus dans les étangs de production d'alevins a permis de mettre en service des étangs consacrés à une production mixte de juvéniles et de poissons marchands en vue de l'application de cette méthode en milieu rural.

Contraintes particulières à l'élevage en étangs sur nappe phréatique

Récolte des poissons

Les étangs sur nappe phréatique ne sont pas vidangés au moment de la récolte; il est donc fait un usage généralisé de

sennes du genre senne de plage. Selon la taille des poissons que l'on souhaite récolter, il est fait usage de sennes de maille de 3 mm pour récolter les alevins de 0,1 g, de sennes de maille de 6 mm pour récolter les alevins de 1,5 g, et de sennes de maille de 16 mm pour la récolte des juvéniles et des géniteurs.

Un maximum de 5 passages de la senne permet de capturer la quasi totalité des poissons présents dans l'étang.

Éradication d'espèces indésirables

L'obligation de mettre en place des pertuis inter-étangs a rendu la pisciculture perméable à la pénétration d'espèces indésirables dans nos élevages. Nous avons ainsi pu observer la prolifération de Sarotherodon melanotheron, S. galilaeus, Tilapia guineensis et T. zillii, ainsi que de prédateurs comme Parachamna obscura, ou même d'autres plus redoutables, tels que Hemichromis fasciatus et H. bimaculatus.

Des Clarias gariepinus colonisent régulièrement les étangs en saison des pluies, les géniteurs gagnant les étangs directement par reptation sur le sol des digues humides au moment où ils accomplissent leur migration vers les plaines d'inondation où ils se reproduisent.

Le H. fasciatus, dès qu'il atteint un poids de 15 g, suffit à détruire la descendance d'une quinzaine de tilapias; le C. gariepinus, à 200 g, détruit la descendance de 4 tilapias. Le T. zillii est particulièrement agressif lorsqu'il garde son nid et n'hésite pas à attaquer et blesser des poissons beaucoup plus gros; il perturbe donc l'élevage des autres espèces. Le T. guineensis, quant à lui, creuse des excavations où il se réfugie et bouleverse les sites de ponte et autres espèces.

Ces poissons sont difficiles à capturer à la senne et leurs alevins sont de très petite taille, ce qui rend impossible leur élimination par méthodes de capture classiques. Il a donc été décidé de faire un usage systématique de la roténone pour empoissonner les étangs avant les mises en charge.

La roténone (C23 H22 06) est un insecticide végétal extrait de plantes telles que Derris, Lonchocarpus, Cube et Tephrosia. Elle est employée comme ichtyotoxique aux États-Unis depuis une trentaine d'années. Le produit s'altère très rapidement à l'air et à la lumière.

Deux produits différents ont été utilisés dans les appellations commerciales suivantes : Chem Fish Regular et Cubérol. Tous deux contiennent 5 % de roténone.

Chem Fish Regular est proposé sous forme d'une suspension émulsifiée. La dose préconisée par le fabricant est de 0,75 kg pour 1 500 m^3 d'eau. Le volume des étangs étant de 2 000 m^3, une dose de 1 kg pour 2 000 m^3 a été épandue manuellement à la surface

de l'étang. On constatait, le lendemain, que de nombreux poissons avaient survécu.

Des doses croissantes de Chem Fish Regular ont donc été épandues à la surface des étangs : 1,5, 2,25, 3, 3,75, 4,5 et 5,25 kg. Avec ce mode de dispersion, la mortalité totale n'est enregistrée que pour les doses de 4,5 et 5,25 kg de Chem Fish Regular pour 2 000 m^3 d'eau.

Une seconde méthode de dispersion du produit a été testée : le produit était pulvérisé à la surface de l'étang à l'aide d'un pulvérisateur Solo. Des doses identiques ont été testées, montrant une efficacité égale pour un coût de traitement supérieur du fait de l'usage du pulvérisateur.

Une troisième méthode a été employée : mélange dans l'eau par moteur hors-bord. Le principe est simple à mettre en oeuvre : une barque équipée d'un moteur hors-bord est mise à l'eau dans l'étang (Fig. 6). Elle porte un fût équipé d'un robinet et d'un tuyau conduisant le Chem Fish Regular sous la barque; l'hélice en rotation se comporte comme celle d'un mixeur pendant que la barque parcourt la surface de l'étang. Le produit est parfaitement mélangé à l'eau de l'étang. Une dose de 4 kg pour 2 000 m^3 d'eau provoque la mortalité totale des poissons.

Des trois méthodes employées (par épandage, par pulvérisation, et par mélange direct dans l'eau par moteur hord-bord), c'est celle du mélange dans l'eau par moteur hors-bord qui a été retenue, avec une dose de 4 kg de Chem Fish Regular pour 2 000 m^3 d'eau, ou avec une dose de 1 g de Roténone pour 10 m^3 d'eau.

Des difficultés de fourniture en Chem Fish Regular aux États-Unis étant rapidement apparues, il est fait usage actuellement d'un mélange pulvérulent fabriqué en France, soit le Cubérol. Ce produit est émulsifié avant l'emploi. Le mode de mélange et la dose en produit actif sont les mêmes que ceux décrits ci-dessus.

Signalons, enfin, que les traitements à la roténone sont effectués avant le lever du jour, donc au moment où la teneur en oxygène dissous est la plus faible (0,1 à 0,2 ppm) et où la température de l'eau est la plus basse, et uniquement pendant la période d'étiage. Le traitement est répété 2 ou 3 jours de suite.

Rémanence du roténone L'effet ichtyotoxique de la roténone disparaît quelques heures après l'application du produit. Cependant, par mesure de précaution, la nouvelle mise en charge ne sera effectuée que 8 à 10 jours après l'empoisonnement, et seulement au vu du résultat d'un contrôle biologique assuré par l'observation de la survie d'un groupe d'une dizaine de juvéniles de tilapias maintenus dans une cage d'un volume de 500 L, immergés dans l'étang 3 jours avant la date de mise en charge.

Fig. 6. Étangs de Godomey : la barque en place servira au traitement à la roténone pour empoisonner les étangs.

L'effet insecticide de la roténone anéantit le peuplement zooplanctonique de l'étang. Afin d'initier rapidement le processus de colonisation de l'étang par une nouvelle population zooplanctonique, il est nécessaire de déverser dans l'étang plusieurs dizaines de litres d'eau chargé en zooplancton, prélevée dans un étang voisin en cours d'exploitation.

Fertilisation - alimentation

La conception originale du fonctionnement de la pisciculture de Godomey envisageait de baser la fertilisation des étangs sur le seul apport de fumier de poulailler et de lisier de porc provenant d'élevages proches de Godomey.

Ce mode de fertilisation, de pratique courante en pisciculture tropicale, a permis d'obtenir des résultats satisfaisants durant quelques années, bien que les rendements observés à Godomey, de l'ordre de 7 t/ha par an, soient inférieurs aux rendements obtenus en étangs vidangeables où ils dépassent 10 t.

Au fil des ans, il s'est avéré que la réponse à la fumure organique s'affaiblissait, et il a donc fallu mettre en oeuvre un traitement mieux équilibré, combinaison d'une fertilisation organique et de l'apport d'un aliment véritable.

Cette baisse de productivité s'observe également dans des étangs vidangeables lorsqu'aucun curage n'est effectué lors de la mise en assec des étangs entre deux cycles d'élevage.

Ce phénomène est, sans doute, la conséquence d'une mauvaise minéralisation de la matière organique maintenue dans des conditions d'anaérobiose permanente dans la vase, et donc à la non-intégration des éléments apportés par les traitements dans le réseau tropique de l'étang.

Afin de limiter au mieux les risques de désoxygénation, qui imposent de dégager en quelques heures la totalité du peuplement d'un étang, les apports de fumure organique et d'aliment sont faits dans les limites indiquées au Tableau 1.

Le projet, disposant d'une unité de fabrication d'aliment, réalise lui-même les formulations nécessaires aux divers types d'élevage. La composition des aliments utilisés est la suivante :

	Granulé poisson (%)	Poudre poisson (%)	Poudre alevins (%)
Remoulage du blé	24	25	21
Drèche de brasserie	43	45	38
Tourteau d'arachide	19	20	17
Mélasse	4,8	-	-
Farine de poisson	9,2	10	24
Total	105 F CFA	100 F CFA	115 F CFA

Résultats d'élevage

Production des géniteurs sélectionnés

Les espèces pures de tilapias sont conservées à Godomey dans des infrastructures en béton, constituées de 5 unités séparées physiquement les unes des autres et comprenant chacune un raceway et deux bacs circulaires.

Cette station d'alevinage est alimentée en eau de forage afin de limiter les risques d'introduction d'espèces étrangères au sein des populations de poissons sélectionnés.

La station d'alevinage fournit les géniteurs qui sont utilisés dans les étangs sur nappe phréatique.

Production d'alevins

La production intensive d'alevins est effectuée dans vingt étangs et concerne l'espèce O. niloticus et l'hybride O. mossambicus mâle x O. niloticus femelle, les deux types de poissons produits étant destinés à des milieux lagunaires différents.

Tableau 1. Alimentation et fertilisation. (Aliment PDP en gramme par jour et par poisson.)

	Étang											
	Mâle-femelle *nilotica*		Mâle *nilotica* ou hybrides		Alevins *nilotica* ou hybrides						*Nilotica* ou hybrides	
Type de production	Production mixte Alevins Grossissement		Grossissement		Prégrossissement rapide			Prégrossissement lent			Ponte	Stockage
Type d'aliment	Poudre (1 repas) Granulé (3 repas)		Poudre (1 repas) Granulé (3 repas)		Poudre enrichie						Poudre	
PM départ	15-20 g		40 g		1,5-5 g : ajuster ration de départ						500-100 g	
Jours					Jours	PM (g)	Ration	Jours	PM (g)	Ration	% de l'ichtyomasse	
0					0	2,0		0	2,0			
28	0		0,8		7	2,7	0,13	7	2,7	0,10		
56	0		1,8		14	3,5	0,17	14	3,5	0,13		Alevins 2 %
84	0,8		2,7		21	4,6	0,25	21	4,6	0,18		Fingerlings 1,4 %
112	1,8		3,0		28	6,0	0,33	28	5,8	0,24	2 g/ géniteur	Géniteurs 0,7 %
140	2,7		3,2		35	7,5	0,40	35	7,2	0,30		
168	3,0		3,4		42	9,2	0,46	42	8,7	0,36		
196	3,2		3,8		49	11,2	0,54	49	10,5	0,42		
224	3,4		3,8		56	13,3	0,65	56	12,4	0,50		
252	3,8				63	15,6	0,78	63	14,5	0,60		
	3,8				70	18,0	0,82	70	16,7	0,70		
							0,84			0,80		
Fertilisation	Fumier : 100 kg/ha par jour (en MS)		Fumier : 100 kg/ha par jour (en MS)								Fumier : 100 kg/ha par jour (en MS)	

Les essais de détermination de la sex ratio optimale, dont les résultats sont exposés au Tableau 2, ont conduit à l'emploi de densités de mise en charge de 150 femelles pour 50 mâles, ce qui permet de n'entretenir qu'un stock réduit de géniteurs de remplacement, d'où une économie appréciable d'espace et d'aliment.

L'exploitation de l'étang de production d'alevins commence 60 jours après la mise en charge des géniteurs, et se poursuit à intervalles de 3 semaines durant 4 mois à 1 an. La durée de l'élevage est fonction de l'importance de la production observée en ce qui concerne la production d'alevins d'O. niloticus.

En ce qui concerne la production d'hybrides O. mossambicus mâles x O. niloticus femelles, la production devrait être interrompue au plus tard 5 à 6 mois après la mise en charge des géniteurs afin de limiter les risques de croisement entre hybrides.

Les résultats de quelques cycles de production d'alevins d'Oreochromis niloticus et d'hybrides O. mossambicus x O. niloticus sont présentés aux Tableaux 3 et 4. Les productions que l'on peut espérer obtenir dans les étangs de production d'alevins à Godomey sont estimées à 40 000 alevins/étang par an pour O. niloticus, et à 60 000 alevins/étang par an pour l'hybride O. mossambicus x O. niloticus, la femelle d'O. mossambicus étant plus prolifique que celle d'O. niloticus.

Production de juvéniles

Les alevins de 1,5 g récoltés dans les étangs de production d'alevins subissent un grossissement complémentaire à Godomey afin d'atteindre un poids individuel d'au moins une quinzaine de grammes avant d'être transférés en enclos en lagune (Fig. 7).

Les poissons sont mis en charge à une densité de 25 poissons/m^2, soit 20 000 alevins par étang de 800 m^2.

Afin de limiter les risques d'anoxie, aucune fertilisation n'est apportée à l'étang. Seulement un aliment pulvérulent, dont la teneur protéique brute atteint 35 %, est distribué selon la table de rationnement indiquée au Tableau 1. La durée de l'élevage est de 60 jours. Les étangs sont alors exploités à l'aide d'une senne à maille de 16 mm, qui permettra de ne capturer que les juvéniles dont le poids individuel est supérieur à 14 g.

Les survies observées durant cette phase de l'élevage sont encore anormalement faibles et souvent en deçà de 60 % du nombre d'alevins mis en charge.

Cette mauvaise survie a deux causes principales :

- D'une part, la qualité des manipulations lors des récoltes d'alevins est bien en-dessous des normes qu'il conviendrait d'observer, étant donné la fragilité des alevins de 1,5 g récoltés.

Tableau 2. Détermination de la sex-ratio optimale pour la production intensive d'alevins d'Oreochromis niloticus en étang de 800 m².

	Étang										
	7	14	12	13	8	15	10	11	16	17	34
Sex-ratio	1/1	1/1	1/1	1/1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/3	1/3	1/3
Nombre de femelles	250	250	150	150	250	250	150	150	250	250	150
Durée (jours)	195	205	198	205	193	205	194	198	224	154	124
Nombre d'alevins	12 450	13 500	12 000	11 600	8 750	6 000	13 197	6 500	9 945	16 973	8 560
Production annuelle en alevins	23 303	24 036	22 121	20 653	16 547	10 682	24 829	11 982	16 205	40 228	25 196
Alevins/femelle par jour (NAFJ)	0,25	0,26	0,24	0,37	0,18	0,11	0,45	0,21	0,17	0,44	0,46

Tableau 3. Évolution des productions d'alevins d'O. niloticus en étangs sur nappe phréatique (surface en eau 800 m²).

	Étang																		
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	29	30	31	32	33	34	35
Nombre de mâles	125	81	95	80	126	88	83	79	91	80	75	125	125	125	194	140	125	133	68	115
Nombre de femelles	250	250	256	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	287	250	251	184	309
Sex ratio (mâles/ femelles) (%)	0,3	0,32	0,37	0,32	0,5	0,35	0,33	0,32	0,36	0,32	0,3	0,5	0,5	0,5	0,77	0,48	0,5	0,53		
Nombre d'alevins récoltés	7 060	9 945	16 973	15 110	18 871	17 096	9 856	4 454	5 886	4 694	7 018	10 413	8 809	9 290	17 266	19 479	16 200	10 866	8 560	17 051
Durée de l'élevage (jours)	129	224	154	106	166	237	167	167	167	168	238	239	242	158	164	153	127	119	124	111
Nombre d'alevins/femelle par jour (NAFJ)	0,21	0,17	0,43	0,57	0,45	0,28	0,23	0,1	0,14	0,11	0,11	0,17	0,14	0,23	0,42	0,44	0,51	0,36	0,27	0,49
Rendement d'alevins/ étang par an	19 975	16 205	40 228	52 029	41 493	26 329	21 541	9 734	12 864	10 198	10 762	15 902	13 286	21 461	38 427	46 469	46 559	33 328	25 196	56 068
Présence de prédateurs	XXX	XXX	XX	XX	XX	XX	XXX	XXX	XX	XX	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 4. Production d'hybrides O. mossambicus femelles x O. niloticus mâles en étangs sur nappe phréatique (surface en eau 800 m²).

	Étang						
	46	47	48	49	53	54	55
Nombre de jours d'exploitation	467	467	405	405	282	375	230
Nombre de femelles/étang	250	148	300	300	317	300	353
Poids individuel moyen des femelles (g)	46,0	39,2	15,0	15,0	61,2	54,3	40,5
Biomasse totale des femelles	11 500	5 800	4 500	4 500	19 400	16 290	14 300
Sex ratio : nombre de mâles/nombre de femelles	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3
Nombre d'alevins et de fingerlings d'hybrides produits	84 292	90 594	57 988	81 406	39 839	48 484	29 036
Nombre d'alevins et de fingerlings produits/étang par an	65 881	70 806	52 260	73 365	51 564	47 191	46 079
Nombre d'alevins et de fingerlings produits/femelles par jour	0,72	1,30	0,47	0,67	0,44	0,43	0,35
Fécondité : nombre d'alevins/an par 100 g de poids vif des femelles	572	1 220	1 161	1 630	265	289	322

Moyennes : Nombre d'alevins et de fingerlings produits/étang par an = 59 881.

Notes : La production unitaire d'alevins d'hybrides en 1986 était supérieure aux productions d'alevins d'O. niloticus, qui étaient en moyenne de 22 890 unités/étang par an en 1984, et de 40 933 unités/étang par an en 1985.

Les données enregistrées montrent que les biomasses les plus faibles en femelles donnent les fécondités les plus élevées.

Le meilleur NAFJ (nombre d'alevins/femelle par jour) obtenu révèle qu'une densité de 150 femelles par étang sera suffisante pour obtenir une quantité satisfaisante. Cette densité est donc retenue désormais pour la mise en charge des étangs de productions d'alevins.

Fig. 7. Préparation d'un transport de juvéniles vers les enclos en lagune : les poissons sont transportés en sac plastique en équipression d'oxygène.

° D'autre part, la présence d'une pléthore d'oiseaux ichtyophages effectue une prédation importante dans ces étangs en forte densité de peuplement. Ces oiseaux sont originaires du marais voisin (hérous divers) ou même nichent désormais dans les digues des étangs (martins-pêcheurs divers : Alcyon leucocephala, Ceryl maxima, etc.

Production mixte

La pisciculture de Godomey a une capacité de production de juvéniles estimée à 2 millions d'unités. Elle travaille bien en-dessous de ses capacités réelles tant que les programmes d'élevage en enclos en lagune n'ont pas atteint un seuil de 150 enclos.

Afin de concilier les nécessités du contrôle et de l'entretien des étangs, qui pourraient demeurer inexploités mais qui seraient alors envahis d'espèces indésirables, avec les obligations de demander un rythme de travail cohérent au personnel, il a été décidé de mettre en place des élevages de grossissement des juvéniles en sexes mélangés, des densités suffisamment élevées pour limiter la prolifération des espèces étrangères.

Des essais ont donc été menés en ce sens, dont les résultats figurent au Tableau 5.

Tableau 5. Production mixte de juvéniles et d'alevins.

	Étang						
	17	18	19	20	21	22	23
Durée de l'élevage (jours)	184	186	191	177	178	184	187
Nombre initial	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Poids total initial (kg)	13,5	14,1	13,2	12,4	13,5	13,7	14,9
Poids individuel initial (g)	13,5	14,1	13,2	12,4	13,5	13,7	14,9
Production de poissons de consommation (kg)	151,5	174,8	191,7	143,9	107,8	113,1	228,0
Nombre	1 077	1 545	1 527	1 092	955	1 123	1 654
Poids final individuel (g)	140	113	125	131	112	100	137
Nombre d'alevins	1 751	21 010	16 340	8 940	5 566	530	7 395
Nombre de juvéniles	2 626	6 105	2 052	319	1 017	1 167	1 694
Poids des alevins et des juvéniles (kg)	45,7	166,97	94,2	29,9	32,4	24,99	93,4

Note : Certains des étangs n'ayant pas été empoisonnés avant la mise en charge, il apparaît à l'exploitation une population surnuméraire, qui est due au peuplement résiduel de l'élevage précédent.

Les règles de conduite d'élevage en sont les suivantes :

- densité de mise en charge : 1,25 juvéniles/m^2;
- traitement : fertilisation - fumier de poulailler à raison de 8 kg/jour par étang, et apport quotidien de 150 g de superphosphate triple; apport complémentaire d'un aliment pulvérulent de la huitième semaine seulement, en suivant le rationnement indiqué au Tableau 1;
- exploitation : les alevins et juvéniles produits sont exploités à partir du troisième mois d'élevage à l'aide d'une senne de plage de 6 mm de maille (Fig. 8).

Au bout de 6 mois d'élevage, les juvéniles initialement mis en charge sont pêchés à un poids moyen supérieur à 110 g. Ils peuvent être alors rapidement sexés et les mâles mis en grossissement jusqu'à un poids moyen supérieur à 200 g, ou bien vendus; les poissons de 110 g de poids moyen supérieur provenant de Godomey sont tout à fait comparables aux produits obtenus par les pêcheurs lagunaires et présentent des qualités organoleptiques supérieures, qui en facilitent l'écoulement.

Les productions espérées de ce genre d'élevage sont de l'ordre de 200 kg/an pour les poissons de consommation prégrossis, et de 10 000 à 15 000 alevins et juvéniles par étang de 800 m^2.

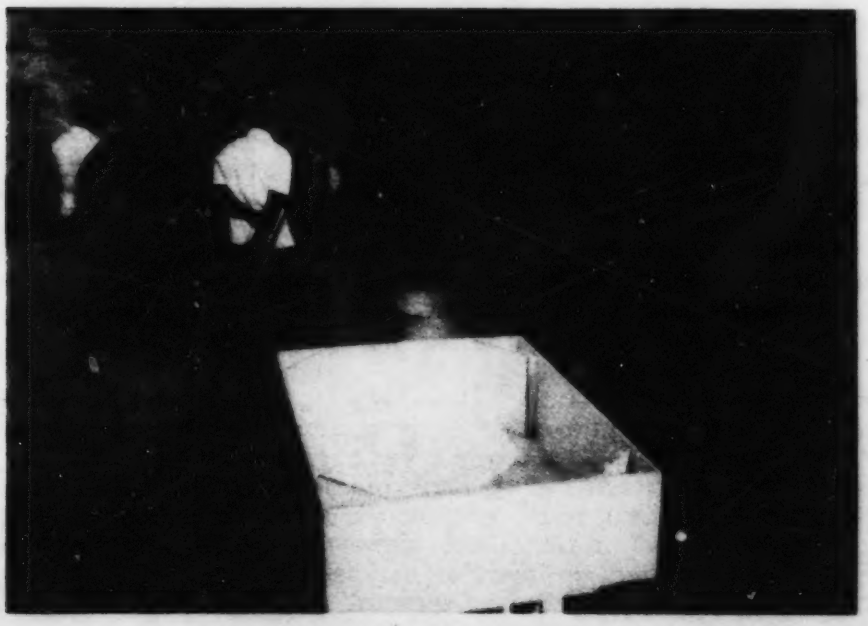


Fig. 8. Pêche de juvéniles à la senne de plage.

Conclusions

Les travaux réalisés avec succès en République populaire du Bénin depuis 1979 montrent que l'établissement d'étangs de pisciculture dans les sites marécageux de pays tropicaux est une excellente alternative permettant de valoriser des terres qui, en raison de leur composition chimique, demeurent inutilisables pour des spéculations agricoles traditionnelles. Les problèmes liés à la libération des sulfates acides des sols ainsi bouleversés sont résolus rapidement par l'application systématique d'un chaulage dans les étangs afin d'y établir des valeurs de pH compatibles avec l'élevage piscicole.

Le contrôle des fluctuations du niveau de la nappe phréatique durant 3 années avant la mise en place des étangs a permis de recueillir des données suffisamment fiables pour déterminer le niveau de l'assiette des étangs, permettant d'assurer la permanence de leur mise en eau, même durant l'étiage. Des améliorations ont été apportées aux étangs les plus récents : des digues plus hautes assurent une protection contre les inondations au cours des années à forte pluviométrie.

Après 9 ans de fonctionnement, les digues inter-étangs des étangs les plus anciens ne présentent plus à leur sommet qu'une largeur trois fois plus faible que celle qu'elles présentaient en 1979. Cette dégradation rapide est le résultat d'une érosion intense sur des sols à composante sableuse dominante. Les nouveaux étangs ont été pourvus de digues inter-étangs deux fois plus larges au sommet.

Les activités de la pisciculture de Godomey sont axées avant tout sur la production des alevins, et cette option ne permet pas d'utiliser les étangs comme de simples infrastructures à hauteur d'eau éminemment variable. L'expérience a prouvé la nécessité absolue de rétablir rapidement la hauteur d'eau maximale tolérable pour la production d'alevins de tilapia. Les étangs doivent donc fonctionner en système ouvert afin de drainer par la surface le surplus d'eau apporté par la nappe phréatique pendant la saison des pluies. Cette situation, effectivement appliquée à des étangs non vindangeables, oblige à multiplier les contrôles nécessaires pour éviter la colonisation des étangs par des espèces indésirables : nécessité de grilles, empoissonnement des étangs à la roténone.

Les résultats obtenus à Godomey se comparent honorablement aux productions obtenues dans les pisciculture tropicales disposant d'étangs de terre classiques vidangeables, qu'il s'agisse de productions d'alevins, de juvéniles ou de poissons de consommation (Tableau 6). La pisciculture en étangs non vindangeables sur nappe phréatique de Godomey représente un modèle dont les expériences précieuses révèlent que ce type d'exploitation piscicole est parfaitement viable et peut donc être mis en oeuvre dans d'autres zones marécageuses tropicales.

Tableau 6. Production d'alevins, de juvéniles et de poissons de consommation, commercialisées à Godomey entre 1985 et 1987.

	1985	1986	1987
Juvéniles d'*O. niloticus* (enclos)	611 993	268 790	65 337
Juvéniles d'hybrides (enclos)	-	90 316	143 805
Juvéniles d'*O. mossambicus* (enclos)	-	26 550	-
Alevins et juvéniles vendus hors projet (unités)	119 400	24 800	10 345
Juvéniles d'*O. niloticus* destinés à Aplahoué (unités)	-	4 260	-
Total des alevins et des juvéniles	731 393	414 716	219 487
O. niloticus de consommation vendus (kg)	3 048	2 308	4 771,6
O. mossambicus de consommation vendus (kg)	-	71	-
Poissons tout venant[a] destinés à la consommation (kg)	-	1 844	-
Total des poissons de consommation (kg)	3 048	4 223	4 771,6

[a] Poissons de petite taille inutilisables, offerts à bas prix au personnel du Projet.

Références

Adam, K.S., Boko, M. 1983. Le Bénin. SODIMAS/EDICEF, Paris. 95 p.

Barbier, P., Kalimanzira, C., Micha, J.C. 1985. L'aménagement des zones marécageuses en écosystèmes agro-piscicoles. Rwanda, Éd. FUCID NAMUR. 35 p.

Bard, J. 1974. Manuel de pisciculture tropicale. C.T.F.T., Nogent-sur-Marne. 209 p.

de Kimpe, P. 1976. Rapport de mission d'étude et de programmation du développement de la pisciculture et de la pêche fluviale en République populaire du Bénin. P.N.U.D./C.T.F.T., Nogent-sur-Marne. 66 p.

——— 1977. Rapport de mission de programmation d'un projet national de développement de la pisciculture en République populaire du Bénin. Projet P.N.U.D./F.A.O., INT/72/074 COPACE, C.T.F.T., Nogentsur-Marne. 20 p.

Doudet, T., Moinet, C., de Kimpe, P. 1981. Évaluation, poursuite et extension du projet de développement de la

pisciculture. Dossiers n° 1, 1 bis et 2. Étude financée par le F.E.D. pour le ministère du Plan, de la Statistique et de l'Analyse économique. C.T.F.T., Nogent-sur-Marne. 187 p., 27 p., et 28 p.

ITTICA-VALDAGRI. 1986. Évaluation du projet de développement de la pisciculture (F.E.D., M.P.S.A., République populaire du Bénin). Ittica-Valdagri. 73 p.

Lazard, J. 1984. L'élevage du Tilapia en Afrique. Données techniques sur sa pisciculture en étang. Bois et forêts des tropiques, 206(4), 33-50.

Lazard, J., Morand, M. 1984. Rapport de mission d'appui au projet de développement de la pisciculture (pisciculture-ichtyopathologie). C.T.F.T., Nogent-sur Marne. 35 p.

Luquet, P. 1984. Rapport de mission d'appui au projet de développement de la pisciculture au Bénin (alimentation). C.T.F.T., Nogent-sur-Marne. 23 p.

PARTICIPANTS

ABO KOUAME, PIERRE, Projet pisciculture en milieu rural, B.P. 494, BOUAKÉ, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

AGOH, JEAN BAPTISTE, Centre de recherches piscicoles, IDESSA, B.P. 621, BOUAKÉ, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

APKEULI, ELELE PARFAIT, Projet de développement de la pisciculture en milieu rural, B.P. 494, BOUAKÉ, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

AVIT, JEAN-BAPTISTE, Centre de recherches océanographiques, B.P. V 18, ABIDJAN, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

AYEKOUE, PATRICE, Centre de recherches piscicoles, IDESSA, B.P. 621, BOUAKÉ, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

AYINLA, O. A., African Regional Aquaculture Centre, Nigerian Institute of Oceanography and Marine Research, Port Harcourt, Nigeria

BALARIN, JOHN, ICLARM, P.O. Box 229, ZOMBA, MALAWI

BAROILLER, JEAN-FRANÇOIS, Département piscicole, Institut des savanes (IDESSA), B.P. 621, BOUAKÉ, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

BERNACSEK, GARRY, Centre de recherches pour le développement international, 250, rue Albert, B.P. 8500, OTTAWA, Ont., K1G 3H9, CANADA

BÉRUBÉ, MICHEL, Organisation canadienne pour la solidarité et le développement (OCSD), B.P. 973, BANGUI, RÉPUBLIQUE CENTRAFRICAINE

BRUNEAU, THIERRY, SODEPRA Nord, Volet élevage associé (AFVP), B.P. 24, KORHOGO, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

CAMARO, BLIMI ODILE, Centre de recherches piscicoles, IDESSA, B.P. 621, BOUAKÉ, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

CASSELL, NAOMI I., Central Agricultural Research Institute, Department of Fisheries, P.O. Box 3929, MONROVIA, LIBERIA

CHAM, MOMODOU A., Fisheries Department, 6, Marina Parade, BANJUL, THE GAMBIA

CISSE, ADOU, Centre de recherches océanographiques, B.P. V 18, ABIDJAN, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

COPIN, YVES, (Conseiller technique), Programmes piscicoles de l'Association française des volontaires du progrès (AFVP), CEREMHER, B.P. 6-34140, MEZE, FRANCE

DAHA, ALPHONSE, Centre de recherches piscicoles, IDESSA, B.P. 621, BOUAKÉ, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

DESCROIX, PHILIPPE, Projet piscicole périurbain de Bouaké (AFVP), B.P. 172, DANANE, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

DIAW, CHIMERE MARITEUN, CRODT, Laboratoire de Boudody, rue du Commerce, ZIGUINCHOR, SÉNÉGAL

DION, GOBEU GASTON, Projet de développement de la pisciculture en milieu rural, B.P. 494, BOUAKÉ, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

DJOBO, JEANSON (Sous-directeur), Projet aquaculture lagunaire, B.P. V 19, ABIDJAN, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

DOUDET, THIERRY, Centre technique forestier tropical/Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Projet de développement de l'aquaculture lagunaire, ABIDJAN, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

GALBREATH, PETER F., Projet de développement de la pisciculture en milieu rural, B.P. 1081, DALOA, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

GORISSEN, GUIDO (Ingénieur de formation et enseignant en mathématiques), 01 B.P. 2450, BOUAKÉ 01, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

GUEU, FELIX, Projet de développement de la pisciculture en milieu rural, B.P. 494, BOUAKÉ, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

HABASHY, AMIR PH., National Institute of Oceanography and Fisheries, Academy of Scientific Research and Technology, 101, Kasr Al-Ainy St., CAIRO, EGYPT

HEM, SAURIN, Centre de recherches océanographiques, B.P. V 18, ABIDJAN, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

HIRIGOYEN, J.P., Projet de développement de la pisciculture, B. P. 03, 1041 Cotonou, RÉPUBLIQUE POPULAIRE DU BÉNIN

ISCANDARI, NAIB B., Fisheries Department, Private Mail Bag 433, FREETOWN, SIERRA LEONE

JEJE, C. YETUNDE, Fisheries and Hydrobiology Unit, Department of Zoology, University of Ibadan, IBADAN, NIGERIA

KERDCHUEN, NANTAWAT, Centre de recherches océanographiques, ORSTOM, B.P. V 18, ABIDJAN, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

KOFFI, CAMILLE, Projet pisciculture en milieu rural, Division piscicole, B.P. 143, ABENGOUROU, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

KONAN, AMOIN ANNABELLE, Laboratoire d'écologie benthique, Centre de recherches océanographiques, B.P. V 18, ABIDJAN, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE (Tel: 35.58.80)

KONAN, KOUADIO, Service d'appui technique, Ministère des Eaux et Forêts, B.P. V 94, ABIDJAN, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

KPOGBEZAN, BARNABÉ (Directeur), Projet de développement de la pisciculture, B.P. 03, 1041 Cotonou, RÉPUBLIQUE POPULAIRE DU BÉNIN

LAZARD, JEROME, Division de pêche et de pisciculture, CTFT/CIRAD, 45 bis, avenue de la Belle-Gabrielle, 94736 Nogent-sur-Marne, Cedex, France

LEGENDRE, MARC, Centre de recherches océanographiques, B.P. V 18, ABIDJAN, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

MABEA, BLIMI, Projet pisciculture, B.P. 494, BOUAKÉ, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

MALICK, BA, SODEPRA Nord, B.P. 24, KORHOGO, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

MAMADOU, EMILE, Centre de recherches piscicoles, IDESSA, B.P. 621, BOUAKÉ, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

M'DRAMAN, MOIKON (Chef de division piscicole), Projet pisciculture en milieu rural, B.P. 1081, DALOA, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

MIEVIS, GUY, Projet de développement de la pisciculture, FAO, BOUAKÉ, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

MORISSENS, PIERRE, Centre de recherches piscicoles, IDESSA, CTFT/CIRAD, B. P. 621, Bouaké, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

MSISKA, O.V., Ministry of Forestry and Natural Resources, Fisheries Department, P.O. Box 44, DOMASI, MALAWI

MUTALE, JOSEPH, Department of Fisheries, Alcom, P.O. Box S10738, MIPATA, ZAMBIA

NGAGNE, MBAO, EATEF, B.P. 5, ZIGUINCHOR, SÉNÉGAL

NGUENGA, DAVID, Institut de recherches zootechniques, Station de recherches piscicoles de Foumban, B.P. 255, FOUMBAN, CAMEROUN

NUGENT, CHRIS, B.P. 1497, ABIDJAN, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

NUGENT, JACQUELINE VAGBA, Projet de développement de la pisciculture en milieu rural, 01 B.P. 494, BOUAKÉ 01, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

OSWALD, MARC, Société d'assistance technique à la modernisation agricole de la Côte d'Ivoire, Projet piscicole périurbain de la Commune de Daloa, B.P. 1629, DALOA, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

OUATTARA, SIAKA, B.P. 27, KORHOGO, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

OWUSU-FRIMPONG, MARK, Institute of Aquatic Biology, P. O. Box 38, Achimota, Ghana

PELLETIER, PAUL, Projet piscicole de Gagnoa (AFVP), B.P. 83, GAGNOA, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

PETEL, CLAUDE, Centre de recherches piscicoles, IDESSA, B.P. 621, BOUAKÉ, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

POWLES, HOWARD, Centre de recherches pour le développement international, B.P. 11007, CD Annexe, DAKAR, SÉNÉGAL

PRUDHOMME, ANNE-MARIE, Organisation canadienne pour la solidarité et le développement (OCSD), B.P. 973, BANGUI, RÉPUBLIQUE CENTRAFRICAINE

ROY, ROBERT J.J., Institute for Aquaculture Research, Department of Biological Sciences, Simon Fraser University, BURNABY, B.C., CANADA V5A 1B6

SANCHEZ, FREDERIC, Projet piscicole de Gagnoa (AFVP), B.P. 83, GAGNOA, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

SATIA, B.P., Ministère de l'Élevage, des Pêches et Industries animales, YAOUNDÉ, CAMEROUN (Tel: 22.06.82, Tlx: 8420 KN)

SEKA, ASSI A., Projet de développement de la pisciculture, PNUD/FAO, B.P. 494, BOUAKÉ, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

TER KUILE, CAREL, Infopêche, B.P. 1747, ABIDJAN, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

TRAORE, KASSOUM, Institut d'écologie tropicale, Laboratoire d'hydrobiologie, B.P. 109, ABIDJAN, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

VAN DER MHEEN, HENK, Aquaculture for Local Community Development Program (ALCOM)/FAO Representation, P.O. Box 30563, LUSAKA, ZAMBIA

VIDAL, JEAN, SODEPRA Sud-Est, Volet pisciculture associée (AFVP), B.P. 328, ABIDJAN, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

VINCKE, M.M.J., FAO, ADCP, ROME, ITALY

YTE WONGBE, A., Institut des savanes (IDESSA), Département piscicole, Ministère de la recherche scientifique, 01 B.P. 621, BOUAKÉ 01, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE (Tel: 63.21.70)

ZIEHI, ANTOINETTE, Projet de développement de la pisciculture en milieu rural, B.P. 494, BOUAKÉ, RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE